DIRECTION DE LA PROTECTION DE L'ENVIRONNEMENT

ENVIRONMENTAL PROTECTION BRANCH

ÉTUDES DE SUIVI DES EFFETS SUR L'ENVIRONNEMENT (ESEE) DES FABRIQUES DE PÂTES ET PAPIERS:

SYNTHÈSE DES RÉSULTATS DES 48 ÉTUDES RÉALISÉES AU QUÉBEC DANS LE CADRE DU CYCLE 2

Environnement Canada
Région du Québec

Environment Canada
Quebec Region

Environnement Canada
Région du Québec

Environment Canada
Quebec Region

ÉTUDES DE SUIVI DES EFFETS SUR L'ENVIRONNEMENT (ESEE) DES FABRIQUES DE PÂTES ET PAPIERS:

SYNTHÈSE DES RÉSULTATS DES 48 ÉTUDES RÉALISÉES AU QUÉBEC DANS LE CADRE DU CYCLE 2

par

Raymond Chabot, Alan Willsie, Julie Veillette et Pedro Nilo

Environnement Canada
Direction de la Protection de l'environnement
Montréal

Décembre 2003

Canada

Ce rapport peut être cité de la façon suivante :

Chabot, R., A. Willsie, J. Veillette et P. Nilo 2003. Études de suivi des effets sur l'environnement (ESEE) des fabriques de pâtes et papiers : synthèse des résultats des 48 études réalisées au Québec dans le cadre du cycle 2. Environnement Canada, Direction de la Protection de l'Environnement, Montréal. 92 pp. et annexes.

Pour obtenir des exemplaires s'adresser à :

Environnement Canada
Direction de la Protection de l'Environnement
105, McGill, 4^{e} étage
Montréal (Québec)
H2Y 2E7
Courriel : esee.qc@ec.gc.ca

Issued also in English under title :
Environment Effects Monitoring (EEM) at Pulp and Paper Mills: Synthesis of the 48 Cycle 2 Studies conducted in Quebec

© Sa Majesté la Reine du Chef du Canada,
représentée par le ministre de l'Environnement, 2003
N^{o}. Catalogue : En154-17/2003F
ISBN : 0-662-75160-4

104-02578/

RÉSUMÉ

Le programme national d'études de suivi des effets sur l'environnement (ESEE) a pour objectif principal d'évaluer l'efficacité de la réglementation fédérale pour assurer la protection du poisson et de son habitat et pour préserver l'utilisation des ressources halieutiques. Cette efficacité est évaluée à partir d'études réalisées dans le milieu récepteur de chaque usine, où la magnitude et l'étendue spatiale des effets de l'effluent, le cas échéant, sont mesurées.

Le programme ESEE est basé sur l'approche du poids de la preuve où plusieurs paramètres sont considérés pour déterminer l'ampleur des effets sur l'environnement et en bout de ligne, l'adéquacité de la réglementation. Une ESEE comprend généralement la délimitation de la zone de mélange de l'effluent, une étude sur les poissons et une étude des communautés benthiques dans le milieu récepteur, la mesure de la qualité de l'eau et des sédiments du milieu récepteur et des essais de toxicité sous-létale sur les effluents. Les études de suivi peuvent également inclure l'analyse de traceurs chimiques d'exposition, l'analyse des congénères de dioxines et de furannes chlorés dans les poissons et une étude organoleptique sur l'altération du poisson.

Au Québec, 46 études représentant 50 fabriques (trois études conjointes) ont été complétées en avril 2000 pour le cycle 2 des ESEE, tandis que deux autres études se sont terminées en 2002. Sept études portent sur des fabriques qui déversent leurs effluents dans le milieu marin/estuarien et 41 études concernent des fabriques dans le milieu dulcicole (lacs et rivières).

Globalement, les études réalisées dans la région du Québec au cycle 2 ont permis de constater une amélioration générale de l'état de santé du milieu récepteur soumis aux effluents des papetières. Les études réalisées au Québec ont permis de dégager certaines conclusions générales et les résultats globaux obtenus montrent des tendances semblables à celles observées pour les fabriques du reste du Canada.

Tout comme lors du cycle 1, l'étude des communautés benthiques s'est encore une fois avérée un outil très efficace pour comparer la qualité des habitats en amont et en aval des fabriques de pâtes et papiers en eau douce. Dans ce type d'écosystème, la très grande majorité des études de benthos effectuées au cycle 2 a montré qu'il existe des différences significatives pour au moins une variable indicatrice et/ou des différences de structure de communautés benthiques entre les zones exposées et de référence. Les résultats indiquent que l'habitat du poisson de la

zone exposée est plus souvent dégradé que celui de la zone de référence. Toutefois, certains critères peuvent avoir une influence notable sur l'abondance (habitat) ou sur la richesse taxonomique (écorégion). Dans la majorité des cas, les différences sont principalement observées au niveau de l'abondance plus importante des invertébrés en zone exposée qui pourrait être reliée à l'effluent à tout le moins en zone rapprochée.

Lorsqu'on analyse les résultats en considérant une estimation de la variabilité naturelle, 40 % des études présentent une densité d'invertébrés en zone exposée supérieure au seuil de deux fois l'écart-type à la moyenne de la zone de référence. Les autres paramètres (richesse, diversité ou régularité) varient peu d'une zone à l'autre. En milieu marin, l'effluent de trois fabriques sur cinq semble avoir un effet inhibiteur sur la faune benthique située à proximité des émissaires en réduisant l'abondance et/ou la richesse et/ou la biomasse de ces communautés. Ces résultats sont cohérents avec ce qui a été observé pour la majorité des fabriques en milieu marin dans le reste du pays.

Malgré l'évidence d'effets des effluents sur la faune benthique, nous constatons que suite à l'implantation des systèmes de traitement secondaire, la situation s'est grandement améliorée comme en font foi les résultats du cycle 2, notamment en eau douce. En effet, le nombre de papetières dont l'abondance est équivalente dans les zones exposées et de référence ainsi que le nombre d'usines ayant une richesse supérieure en zone exposée a augmenté au cycle 2. La presque totalité des études qui ont pu comparer leurs résultats d'un cycle à l'autre, montrent des signes de nette amélioration soit par une réduction de l'abondance relative des taxons tolérant l'enrichissement du milieu soit par l'augmentation de la proportion des invertébrés sensibles ou encore par une réduction de l'abondance totale se rapprochant de celle mesurée en zone de référence. En milieu marin, les généralisations sont par contre plus difficiles à formuler en raison des faibles effectifs.

En ce qui concerne les études de poissons, la qualité des études s'est grandement améliorée comparativement au cycle précédent, notamment en raison d'un effort de pêche accru et grâce à l'utilisation d'engins de pêche plus diversifiés. Lorsque les données du cycle 2 sont regroupées variable par variable, les résultats montrent qu'un plus grand nombre de populations de poissons ne présentent pas de différences statistiquement significatives entre les zones d'exposition et de référence. Toutefois, lorsque les résultats sont examinés par usine, on constate dans la majorité des cas l'existence d'une différence statistiquement significative entre les populations de la zone d'exposition et celle de la zone de référence pour au moins une de ces variables.

Lorsque il y a de telles différences statistiques, la tendance générale des résultats va vers une augmentation de la condition des poissons, une augmentation du poids relatif du foie et une diminution du poids relatif des gonades en zone d'exposition tout comme ce qui a été observé généralement à travers le pays au cycle 2. Selon les experts, ce patron de réponses serait indicateur d'une eutrophisation du milieu ainsi que d'une perturbation du système endocrinien des poissons. Ces résultats sont cohérents lorsque analysés selon le sexe ou selon que les poissons sont immatures ou adultes. Toutefois, le type et la fréquence des réponses sont très variables selon la famille de poissons considérée. Les résultats indiquent qu'il y a des espèces plus sensibles aux effluents de papetières que d'autres et il faudrait en tenir compte lors du choix des espèces sentinelles des prochains cycles. En milieu marin, les mollusques exposés aux effluents présentent des poids de chair plus élevés que leurs congénères en zone de référence, ce qui suggère aussi un effet d'eutrophisation dans ce milieu.

Il faut souligner que certains facteurs confondants ont pu contribuer aux effets observés sur les populations de poissons au cycle 2. En effet, les résultats obtenus dans les zones d'exposition ont pu être influencés entre autres par des rejets provenant d'autres effluents industriels ou municipaux. Depuis la fin de 1999, une source de pollution non négligeable a été réduite de façon importante grâce à l'installation d'usines d'épuration des eaux usées par plusieurs municipalités qui ne traitaient pas leurs effluents. Pour la majorité des fabriques, les résultats du cycle 2 dans le milieu récepteur ne permettent donc pas d'établir que les effets observés sont uniquement reliés aux effluents papetiers. Les prochains cycles de suivi permettront probablement de discriminer les effets attribuables aux fabriques de ceux qui pourraient être dus à d'autres sources.

Les résultats du cycle 2 ne montrent pas de signes évidents d'amélioration de l'état de santé des poissons par rapport au cycle précédent. En effet, il semble y avoir globalement un accroissement des valeurs supérieures des variables indicatrices en zone exposée par rapport au cycle 1, ce qui pourrait être attribuable à une amélioration des méthodes de pêche et possiblement à une meilleure survie et au retour des espèces sentinelles dans certaines zones d'exposition aux effluents de papetières.

Au cours du cycle 2, des projets de recherche sur le poisson ont été mis sur pied pour vérifier l'utilité d'approches différentes à celle des ESEE ou de certains bioindicateurs. Les résultats concernant l'activité hormonale ou enzymatique des poissons ne semblent pas cohérents entre eux ni avec les résultats de suivi des espèces sentinelles. Il faudrait prévoir d'autres études du genre avant de les incorporer dans les ESEE. Nous croyons que ces outils seraient plus utiles lors de la recherche de causes de certains effets sur le poisson par exemple. L'indice d'évaluation de l'état de santé a démontré une certaine concordance avec les études de suivi, tandis que l'indice d'intégrité biotique peut permettre de constater l'évolution de la diversité de la communauté de poissons. Ce dernier requiert des informations qui ne sont cependant pas disponibles avec une étude d'espèces sentinelles. Ce constat souligne les difficultés d'extrapoler les résultats obtenus sur une ou deux espèces à une communauté complète.

Aucune analyse de traceurs chimiques dans les poissons n'était requise au cycle 2 pour les usines dont les teneurs en acides résiniques dans l'effluent étaient inférieures à 50 µg/L. Les résultats obtenus avec les traceurs chimiques se sont avérés concluants pour 3 fabriques sur 5, où ils ont confirmé l'exposition des poissons à l'effluent. Avec la mise en opération des systèmes de traitement secondaire pour la presque totalité des usines, les teneurs en acides résiniques dans l'effluent et le milieu récepteur sont beaucoup plus faibles, ce qui rend peu probable leur détection chez les poissons.

La modification des procédés et des systèmes de traitement des effluents au cours des années a entraîné une importante diminution des rejets de dioxines et de furannes pour l'ensemble de l'industrie papetière. Une seule fabrique (Emballages Smurfit-Stone à Portage-du-Fort, PP1102) a dû effectuer une analyse de dioxines et furannes chlorés dans les poissons au cycle 2, car des concentrations dans l'effluent ont dépassé les normes de rejet. Les teneurs mesurées dans les poissons de la zone exposée de cette fabrique ne sont pas différentes de celles obtenues en zone de référence. De plus, ces concentrations sont bien en deçà des normes de consommation de poisson de Santé Canada.

Une seule fabrique (Tembec à Témiscaming, PP1094) a été tenue de réaliser une étude organoleptique sur l'altération du goût de la chair des poissons puisque des plaintes avaient été adressées à un bureau régional du ministère de l'Environnement du Québec. Les résultats de cette étude confirment une différence entre la saveur des poissons de la zone exposée et celle des poissons de la zone de référence.

En ce qui concerne la toxicité, les résultats des essais sous-létaux ont montré une diminution importante de la toxicité des effluents entre le cycle 1 et le cycle 2. Cette tendance a été observée également à l'échelle nationale. L'amélioration de la qualité des effluents est attribuable à la mise en place des systèmes de traitement secondaire. D'ailleurs, les usines du Québec ne possédant encore qu'un traitement primaire au deuxième cycle montrent une toxicité plus élevée que celles possédant un système de traitement secondaire.

Néanmoins, les effluents papetiers testés montrent encore, la plupart du temps, des effets sous-létaux, particulièrement pour certains tests. Au cycle 2, *Ceriodaphnia dubia* se présente comme l'organisme d'essai dulcicole le plus sensible alors que pour les tests en milieu marin c'est l'algue *Champia parvula*. Par contre, les essais sur *Menidia beryllina* utilisés par les usines déversant en milieu marin ne montre aucune toxicité depuis les cinq dernières séries.

Grâce à un indice d'intégration, il a été possible de classer les usines selon le niveau de toxicité sous-létale et l'importance des effets des effluents sur le milieu récepteur. Malgré que près d'une dizaine d'études présentaient des effets élevés ou très élevés sur le benthos ou les poissons, la tendance montre que la majorité des fabriques présentaient une toxicité et des effets sur la communauté benthique qualifiés de modérés. Ces résultats viennent confirmer les conclusions de l'évaluation nationale des résultats du cycle 2, du moins concernant l'habitat du poisson, où l'effet général pour l'ensemble des usines au Canada est une eutrophisation modérée du milieu récepteur. En ce qui concerne les études de poisson, les résultats sont beaucoup plus variables et les bénéfices liés à l'amélioration de la qualité des effluents seront probablement plus évidents avec les résultats du cycle 3.

ABSTRACT

The main objective of the national Environmental Effects Monitoring (EEM) Program is to assess the effectiveness of the federal regulations protecting fish and fish habitat and the use of fisheries resources. The assessment is based on studies conducted in the receiving environments of pulp and paper mills, where the magnitude of the effects of mill effluents and their spatial extent are measured.

The EEM program is based on the weight-of-evidence approach wherein several different parameters are reviewed to determine the magnitude of the effects on the environment and, in the end, the adequacy of the regulations. EEM studies generally include a definition of the effluent mixing zone, a survey of fish sentinel species and a benthic communities study in the receiving environment, sublethal toxicity assays on mill effluent and measurements of water and sediments quality in the receiving environment. Monitoring studies can also include analyses of chemical tracers of exposure, analyses of chlorinated dioxin and furan congeners in fish and an organoleptic study on changes in fish taste.

In Quebec, 46 studies (including three joint studies) representing 50 pulp and paper mills were completed in April 2000 for Cycle 2 of the EEM; two other studies were finished in 2002. Seven studies dealt with mills that discharge their effluents into marine or estuarine environments; 41 studies concerned mills in the freshwater environment (i.e. lakes and rivers). Overall, the Cycle 2 studies conducted in Quebec pointed to a general improvement in the state of health of aquatic environments receiving pulp and paper mill effluents. Some general conclusions have been drawn and the overall results indicated trends similar to those in the rest of Canada.

Just as it did in Cycle 1, the benthic community survey proved to be a very effective tool for comparing the quality of habitats upstream of pulp and paper mills against those located downstream, in freshwater environments. The vast majority of Cycle 2 benthic surveys in freshwater ecosystems showed that there exist significant differences for at least one enpoint between exposed and reference areas and/or differences in community structure. The results indicated that fish habitat was often degraded in exposed areas when compared to reference areas. Certain criteria, however, may have a marked influence on abundance (habitat) or taxon richness (ecozone). In the majority of cases, the main differences were seen in the greater abundance of invertebrates in exposed areas, something which can be related to effluents, at least in areas closest to outfalls.

When the results were analyzed in consideration of estimated natural variability, 40% of studies showed invertebrate density in exposure areas to be higher than the threshold level of twice the mean standard deviation in reference areas. Other parameters (richness, diversity and regularity) varied little from one area to another. In the marine environment, the effluent of three out of five mills appeared to have an inhibitive effect on the benthic fauna near outfalls by reducing community abundance and/or richness and/or biomass. These results were consistent with what was seen at the majority of mills in the marine environment in the rest of the country.

Despite the obviousness of the effects of effluents on benthic fauna, comparison between Cycle 1 and Cycle 2 results showed that the situation has improved greatly with the installation of secondary treatment systems — as the results for freshwater environments will testify most particularly. The number of pulp and paper mills with equivalent benthic abundance in exposed and reference areas as well as the number of mills with superior taxon richness in exposed areas increased in Cycle 2. Almost all the studies comparing results between cycles showed clear signs of improvement, as illustrated by either a reduction in the abundance of taxons that tolerate environmental enrichment, an increase in the proportion of pollution-sensitive invertebrates or a reduction in total benthic abundance to a level near the one measured in reference areas. It was more difficult to make generalizations about the marine environment, however, due to the small sample size.

With regard to fish, the quality of adult fish surveys improved vastly over the previous cycle due, among other things, to an increased fishing effort and to the use of more varied types of fishing gear. When data is expressed on an endpoint basis, most of the fish populations do not show statistically significant differences between exposure and reference zones. However, at the individual mill level, results show significant statistical differences between exposure and reference areas in the majority of fish populations for at least one endpoint. The general trend pointed to an increased condition factor and relative liver weight and a decreased relative gonad weight in exposure areas. This generally agreed with the Cycle 2 observations from across the country. According to our experts, this response pattern would seem to be indicative of eutrophication of the receiving environment, along with a disruption in endocrine function in fish. The results were consistent when analyzed by gender or juvenile versus adult fish. However, response type and frequency were very variable depending on the family of fish being considered. The results indicated that some species were more sensitive to mill effluents than others and this should be taken into account when selecting sentinel species in forthcoming cycles. In the marine environment, shellfish exposed to effluents had heavier tissue weights

than those in reference areas, which also suggests the effect of eutrophication of this environment.

It should be pointed out that certain confounding factors may have contributed to the effects observed in fish populations in Cycle 2. The results obtained in exposure areas could have been influenced by, among other things, effluent discharges from other industrial plants or municipalities. A significant source of pollution was reduced considerably in late 1999 with the installation of wastewater treatment plants by several municipalities which were not previously treating their effluent. The Cycle 2 results in the receiving environments of the majority of mills cannot be used to establish if the effects observed are related solely to mill effluents. Subsequent monitoring cycles will probably make it possible for us to distinguish between the effects attributable to paper mills and those that may be due to other sources.

There were no obvious signs of improvement in the state of health of fish in the Cycle 2 results relative to Cycle 1. Indeed, there appears to be an across-the-board increase in higher endpoint values in exposure areas. This may be attributable to an improvement in fishing methods or possibly to the better survival and return rates of sentinel species in certain mill effluent exposure areas.

Research projects were conducted during Cycle 2 to verify the usefulness of various complementary approaches to EEM or the use of bioindicators. The results of studies of hormonal and enzymatic activity in fish did not agree neither between them nor with the results of monitoring studies of sentinel species. Additional research is needed before such approaches can be integrated into EEM. These tools could be useful for the investigation of cause of certain effects in fish, for example. The health assessment index did agree somewhat with the monitoring studies, but the index of biotic integrity informs on trends in fish community diversity. The latter requires information not available with a sentinel species study. This discrepancy underlines the difficulties of extrapolating results obtained with one or two species to an entire community.

No chemical tracer studies were required of mill effluents whose concentrations of resin acids were below 50 µg/L in Cycle 2. The chemical tracer results proved conclusive for three out of five mills, confirming the exposure of fish to the effluent. With the introduction of secondary treatment systems, the levels of resin acids in effluent and in the receiving environment are much lower at almost all mills, making their detection in fish highly unlikely.

Changes in mill processes and wastewater treatment systems over the years have led to a major reduction in discharges of chlorinated dioxins and furans throughout the pulp and paper sector. A single mill, Emballages Smurfit-Stone in Portage-du-Fort (PP1102), was required to perform an analysis of dioxins and furans in fish during Cycle 2, as concentrations in its effluent exceeded discharge standards. The concentrations detected in fish in the exposure area of this mill were the same as in its reference area. Moreover, concentrations were well below Health Canada standards for the consumption of fish.

Only one mill, Tembec in Témiscaming (PP1094), was required to carry out a tainting evaluation of fish tissue because of complaints to the regional office of the ministère de l'Environnement du Québec. The results of this study confirmed fish tainting as a difference was observed in the taste of fish caught in the exposure area versus fish caught in the reference area.

The results of sublethal toxicity assays showed that there was a significant reduction in effluent toxicity between the two cycles. This trend was also observed nationally. The improved quality of the effluents was attributed to implementation of secondary treatment systems. Toxicity levels were higher at Quebec plants equipped only with primary treatment systems in Cycle 2 relative to those with secondary treatment systems.

Regardless, the mill effluents still showed sublethal effects most of the time, particularly in certain tests. In Cycle 2, *Ceriodaphnia dubia* was the most sensitive freshwater organism, whereas it was the alga *Champia parvula* in tests done in the marine environment. Assays on *Menidia beryllina* have exhibited no toxicity in the past five series of tests for mills discharging to the marine environment.

Using an index of integration, it was possible to classify mills according to level of sublethal toxicity and the effects of effluents on the receiving environment. Although 9 studies found that mill effluents had strong or very strong effects on benthos or fish, a trend in the majority of plants qualified toxicity and the effects on benthic communities as moderate. These results confirmed the conclusions of the national Cycle 2 assessment results, at least where fish habitat is concerned, which found that the general effect for all mills in Canada was moderate eutrophication of the receiving environment. With regard to fish studies, the results were much more variable and the benefits linked to an improvement in effluent quality will probably be more obvious when the Cycle 3 results are in.

TABLE DES MATIÈRES

RÉSUMÉ iii

ABSTRACT viii

LISTE DES TABLEAUX xiv

LISTE DES FIGURES xvi

LISTE DES ANNEXES xviii

1 Introduction 1
1.1 La réglementation sur les effluents 1
1.2 Les études de suivi des effets sur l'environnement (ESEE) 1

2 L'industrie des pâtes et papiers au Québec 4
2.1 Les procédés de fabrication de pâtes et papiers 4
2.2 Systèmes de traitement des effluents 5
2.3 Caractérisation des effluents (débit de l'effluent, MES, DBO_5) 8
2.4 Changements depuis le cycle 1 8

3 Délimitation de la zone de mélange des effluents 9
3.1 Objectif 9
3.2 Exigences 9
3.3 Méthodes 10
3.4 Résultats 11

4 Essais de toxicité des effluents 11
4.1 Objectifs 11
4.2 Exigences et méthodes 12
4.3 Résultats 15
4.3.1 Toxicité sous-létale moyenne observée au cycle 2 15
4.3.2 Toxicité sous-létale en fonction du type de production des fabriques 17
4.3.3 Toxicité sous-létale en fonction du mode de traitement des eaux de procédés 17
4.3.4 Changements depuis le cycle 1 20

5 Étude sur les poissons dans le milieu récepteur 24
5.1 Objectifs 24
5.2 Exigences et méthodes 25
5.3 Résultats et discussion 29
5.3.1 Résultats de captures 29
5.3.2 Effets observés chez les espèces sentinelles 30
5.3.2.1 Comparaison des variables par le biais des analyses statistiques 30
5.3.2.2 Caractérisation de la réponse 35
5.3.2.3 Réponses observées chez les populations de poissons du Québec 38
5.3.2.4 Comparaison des réponses entre les deux premiers cycles 41
5.4 Résultats des études de recherche 44
5.5 Traceurs chimiques d'exposition 47
5.6 Analyse des dioxines et furannes chlorés et des biphényles polychlorés dans les poissons 50
5.7 Altération du poisson 50

6 Étude sur les communautés benthiques 51
6.1 Objectifs 51
6.2 Exigences et méthodes 53
6.3 Résultats des études de benthos en eau douce 55
6.3.1 Densité, richesse taxonomique, diversité et régularité en fonction du type d'engin de prélèvement utilisé 58
6.3.2 Densité et richesse taxonomique du benthos en fonction des écorégions 62
6.3.3 Influence du mode de traitement de l'effluent des fabriques en eau douce sur les communautés benthiques étudiées 64
6.4 Résultats des études du benthos en milieu marin 65
6.4.1 Résultats 66
6.5 Comparaison des résultats entre les cycles 1 et 2 68
6.5.1 Les études en eau douce 68
6.5.2 Les études en milieu marin 71

7 Évaluation de l'effet global de chacune des usines du Québec 72
7.1 Introduction 72
7.2 Définition de l'indice composite : l'indice Triade-ESEE 73
7.3 Mise au point de l'indice Triade-ESEE 75
7.3.1 Étapes de transformations des résultats en cotes Triade-ESEE 75
7.3.2 Combinaison des cotes 77
7.4 Résultats 78

8 Conclusion 83

9 Remerciements 84

10 Références 85

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 Usines dont les effluents se rejettent en eau douce : production, débit de l'effluent, charge des effluents en MES et DBO_5 par type de procédé et catégorie de traitement d'effluent 6

Tableau 2 Usines dont les effluents se rejettent en milieu marin: production, débit de l'effluent, charge des effluents en MES et DBO_5 par type de procédé et catégorie de traitement d'effluent 7

Tableau 3 Essais de toxicité sous-létale recommandés pour l'évaluation des effluents d'usines de pâtes et papiers 13

Tableau 4 Moyennes géométriques des CI_{25} et valeurs extrêmes pour l'ensemble des essais de toxicité sous-létale effectués sur les effluents des fabriques en eau douce et en milieu marin (cycle 2) 15

Tableau 5 Moyennes géométriques des CI_{25} des essais sous-létaux effectués au cycle 2 et valeurs extrêmes exprimées par catégorie de production des fabriques. 18

Tableau 6 Moyennes géométriques des CI_{25} des essais sous-létaux effectués au cycle 2 et valeurs extrêmes exprimées par mode de traitement de l'effluent. 18

Tableau 7 Fréquence d'utilisation et d'occurrence des espèces sentinelles désignées par les fabriques au cycle 2 26

Tableau 8 Résumé des effets sur les poissons (différences statistiquement significatives entre les zone de référence et d'exposition) pour toutes les populations de poissons. 31

Tableau 9 Résumé des ANOVA sur l'âge et des ANCOVA sur les paramètres morphologiques : nombre de différences significatives entre la zone d'exposition et de référence pour les principales famille de poissons. 34

Tableau 10 Résumé des ANCOVA : relations morphométriques des invertébrés marins (Différence en % : Zone d'exposition - Zone de référence). 36

Tableau 11 Types de réponses globales des principales familles de poissons d'eau douce, sexes séparés. 38

Tableau 12 Comparaison des réponses chez les espèces sentinelles de poissons entre le cycle 1 et le cycle 2 (effectifs $\geq$ 20) 43

Tableau 13 Différence (%) entre les poissons de la zone d'exposition et de référence pour la production de stéroides et de l'activité des enzymes hépatiques. 45

Tableau 14 Concentrations en acides résiniques totaux dans l'eau de l'effluent, de la zone de référence et d'exposition, et dans la bile des espèces sentinelles de poissons. . 49

Tableau 15 Comparaison des réponses des communautés benthiques entre le cycle 1 et le cycle 2 70

Tableau 16 Transformation et combinaison des résultats des essais sous-létaux en une cote Triade-ESEE. 75

Tableau 17 Cote Triade-ESEE pour les trois composantes des études de suivi. 77

Tableau 18 Indice Triade–ESEE selon la combinaison des cotes pour les trois composantes des ESEE. 78

Tableau 19 Valeurs des cotes et indice Triade-ESEE pour l'ensemble des études du cycle 2 au Québec. 80

LISTE DES FIGURES

Figure 1 Études de suivi des effets sur l'environnement (ESEE) : localisation des fabriques de pâtes et papiers de la région du Québec 3

Figure 2 Fréquence des études en eau douce par classe de toxicité sous-létale en fonction des organismes d'essai. 16

Figure 3 Fréquence des études en milieu marin par classe de toxicité sous-létale en fonction des organismes d'essai. 17

Figure 4 Toxicité sous-létale moyenne selon le type de traitement secondaire appliqué aux effluents des usines en eau douce..... 19

Figure 5 Toxicité sous-létale moyenne selon le type de traitement secondaire appliqué aux effluents en milieu marin. 20

Figure 6 Moyenne géométrique des résultats des essais sous-létaux en fonction de la période d'échantillonnage (cycles 1 et 2) et de l'organisme d'essai en eau douce.. 21

Figure 7 Moyenne géométrique des résultats des essais sous-létaux en fonction de la période d'échantillonnage (cycles 1 et 2) et de l'organisme d'essai en milieu marin.21

Figure 8 Toxicité sous-létale moyenne pour chaque organisme d'essai en fonction du mode de traitement des effluents aux usines dont l'effluent se déverse en eau douce..... 23

Figure 9 Toxicité sous-létale moyenne pour chaque organisme d'essai en fonction du mode de traitement des effluents aux usines dont l'effluent se déverse en milieu marin. . 23

Figure 10 Effets sur les paramètres mesurés sur les poissons lorsque des différences significatives sont observées entre les zones d'exposition et de référence..... 32

Figure 11 Bilan des résultats des études sur les communautés benthiques d'eau douce lors du cycle 2 dans la région du Québec. 56

Figure 12 Nombre d'études ayant des différences de densité, de richesse, de diversité ou de régularité du benthos au moins égales à deux fois l'écart-type de la moyenne obtenue pour la zone de référence au cycle 2. 58

Figure 13 Densité moyenne des invertébrés benthiques selon le type d'engin utilisé et la zone d'étude au cycle 2..... 59

Figure 14 Nombre moyen de taxons d'invertébrés benthiques selon le type d'engin utilisé et la zone d'étude au cycle 2 60

Figure 15 Diversité moyenne des invertébrés benthiques selon le type d'engin et la zone d'étude au cycle 2..... 61

Figure 16 Régularité moyenne des invertébrés benthiques selon le type d'engin et la zone d'étude au cycle 2..... 61

Figure 17 Densité moyenne des invertébrés benthiques par écorégion. 63

Figure 18 Richesse taxonomique moyenne des invertébrés benthiques par écorégion. 63

Figure 19 Variation de la densité moyenne du benthos des zones étudiées en fonction du type de traitement des effluents 65

Figure 20 Variation du nombre moyen de taxons benthiques des zones étudiées en fonction du type de traitement des effluents 65

Figure 21 Densité moyenne et nombre moyen de taxons du benthos aux stations de référence et celles constituant les groupes déterminés par l'AC à l'usine New Richmond. 67

Figure 22 Densité et biomasse moyenne du benthos aux stations constituants les groupes déterminés par l'AC à l'usine Baie-Comeau. 67

Figure 23 Densité et biomasse du benthos aux stations du groupe B, déterminé par l'AC à l'usine de La Baie 68

Figure 24 Comparaison du nombre d'études dont les différences de densité et de richesse taxonomique sont de l'ordre de 2 fois l'écart-type de la moyenne calculée en zone de référence entre les cycles 1 et 2. 69

Figure 25 Distribution de la fréquence des valeurs de cotes Triade-ESEE dans chacun des volets d'étude (toxicité sous-létale, benthos et poissons). 82

LISTE DES ANNEXES

Annexe 1 Liste des fabriques ayant complété une étude ESEE au Cycle 2 93

Annexe 2 Caractéristiques des fabriques de pâtes et papiers du Québec..... 97

Annexe 3 Milieu récepteur et principales caractéristiques de l'étendue des zones de mélange de l'effluent 102

Annexe 4 Résultats des essais de toxicité sous-létale (MGCI25) et létale (MGCL50) cycle 1 vs cycle 2 107

Annexe 5 Techniques de captures et date d'échantillonnage des poissons au cycle 2 110

Annexe 6 Résultats de capture des poissons et moyennes des paramètres morphologiques mesurés chez les populations des zones d'exposition et de référence.....113

Annexe 7 Comparaisons par ANOVA de l'âge et par ANCOVA des relations morphométriques des poissons entre la zone d'exposition et de référence – cycle 2 136

Annexe 8 Synopsis des ANCOVA sur les relations morphométriques des poissons entre la zone d'exposition et de référence - cycle 1 et cycle 2.....144

Annexe 9 Concentrations des dioxines et furannes chlorés dans la chair des dorés jaunes femelles aux sites de l'usine Emballages Smurfit-Stone Canada inc. à Portage-du-Fort 150

Annexe 10 Résultats de l'échantillonnage des communautés benthiques en eau douce et valeurs moyennes de densité et de richesse et résumé des différences observées entre les zones de références et d'exposition.....151

Annexe 11 Valeurs moyennes de diversité et de régularité des communautés benthiques en eau douce et % d'oligochètes dans chaque zone et résumé des différences observées entre les zones de références et d'exposition 156

Annexe 12 Variation de la densité et de la richesse taxonomique moyenne du benthos échantillonné en eau douce par benne dans les différentes zones d'étude en fonction des écorégions du Québec 161

Annexe 13 Variation de la densité et de la richesse taxonomique moyenne du benthos des zones étudiées dans le cas de fabriques en eau douce utilisant un traitement par boues activées, en fonction des écorégions 162

Annexe 14 Résultats de l'échantillonnage des communautés benthiques en milieu marin et valeurs moyennes des variables mesurées dans les groupes de stations.....163

1 Introduction

1.1 La réglementation sur les effluents

Le *Règlement sur les effluents des fabriques de pâtes et papiers* (REFPP), qui vise essentiellement à protéger le poisson et son habitat en vertu de la *Loi sur les pêches,* a été amendé en 1992 pour imposer aux papetières des normes de rejets de leurs effluents plus restrictives. Pour se conformer à cette nouvelle réglementation, la majorité des fabriques québécoises ont mis en place, avant le 30 septembre 1995, un système de traitement secondaire pour réduire les charges de matières en suspension (MES) et la demande biochimique en oxygène (DBO_5) dans leurs effluents et éliminer la toxicité aiguë pour la truite arc-en-ciel (*Oncorynchus mykiss*) et la daphnie (*Daphnia magna*). Quoique les nouvelles exigences soient plus susceptibles de protéger l'environnement, il n'est pas certain que ces mesures puissent garantir la protection du milieu à chaque site. C'est pourquoi, l'amendement au REFPP en 1992 comprenait également une exigence obligeant les fabriques à réaliser un programme d'études de suivi des effets sur l'environnement (ESEE).

1.2 Les études de suivi des effets sur l'environnement (ESEE)

Le programme national des ESEE a pour objectif principal d'évaluer l'efficacité de la réglementation fédérale pour assurer la protection du poisson et de son habitat et pour préserver l'utilisation des ressources halieutiques. Cette efficacité est évaluée à partir d'études réalisées dans le milieu récepteur de chaque usine, où l'ampleur et l'étendue spatiale des effets de l'effluent, le cas échéant, sont mesurées.

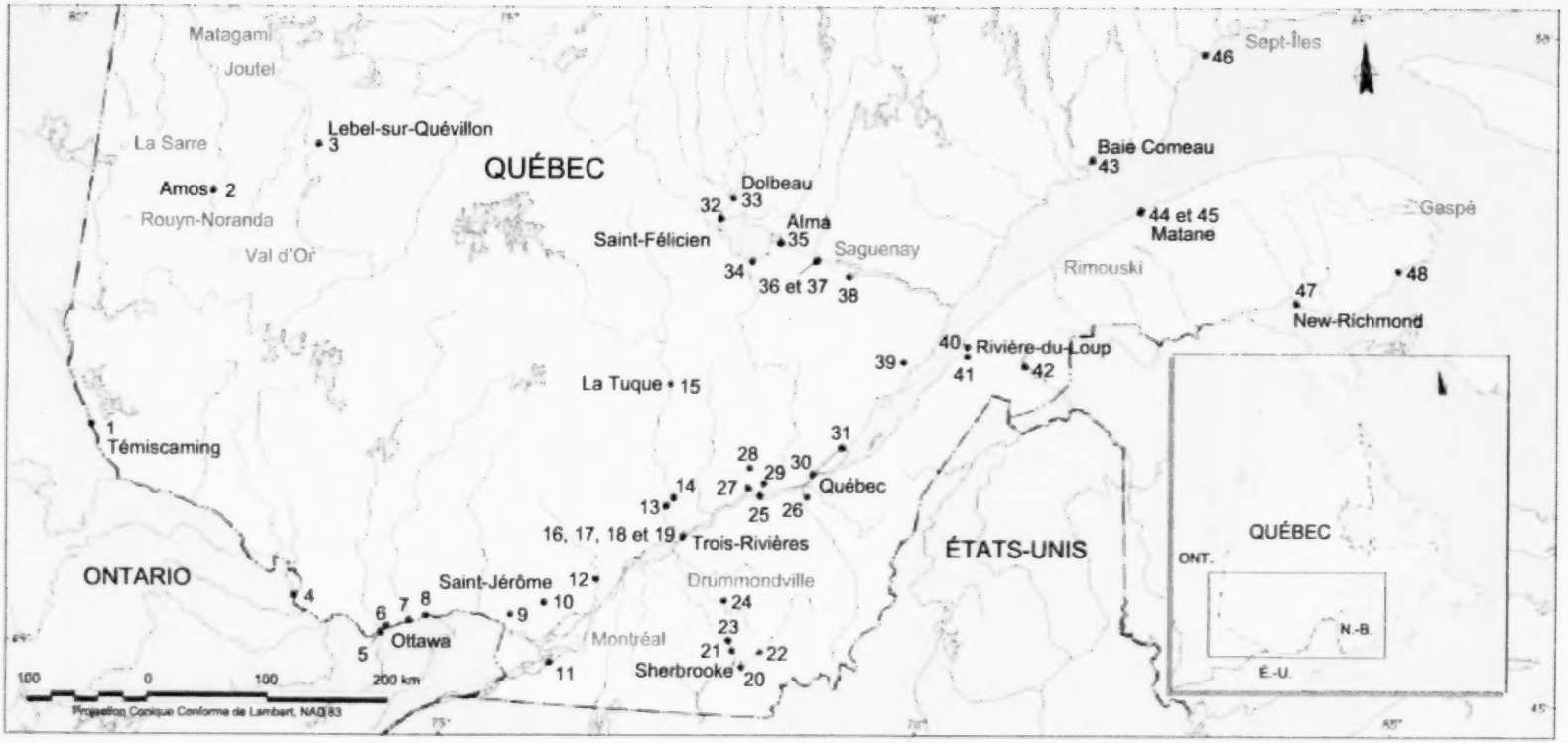
Dans le contexte des ESEE, un effet est défini comme une différence significative mesurée, pour un paramètre environnemental spécifique, entre la zone d'exposition à l'effluent et une zone de référence. Une différence au niveau de ces paramètres peut indiquer des changements de la condition des poissons, de la structure des populations ou de leur cycle de vie, de la détérioration de leur habitat de croissance ou de reproduction ou de l'accumulation de substances toxiques à des niveaux préjudiciables à la santé ou à la mise en marché des poissons. Plusieurs cycles successifs du programme ESEE permettront d'évaluer les variations

temporelles quant à l'ampleur et à l'étendue spatiale des effets de l'effluent sur le milieu récepteur.

Dans son application, le programme ESEE représente un processus itératif structuré en séquences de suivi et d'interprétation de données d'une durée de quatre ans appelées cycles. Au début de chaque cycle, les fabriques planifient des études adaptées à leurs conditions spécifiques. À la fin du cycle, les fabriques présentent à Environnement Canada des rapports d'interprétation des résultats obtenus. Un bilan régional réalisé par Environnement Canada après chaque cycle permet d'établir les objectifs et les exigences du cycle suivant.

Le programme ESEE est basé sur l'approche du poids de la preuve où plusieurs paramètres sont considérés pour déterminer l'ampleur des effets sur l'environnement et en bout de ligne, l'adéquacité de la réglementation. Une ESEE comprend généralement la délimitation de la zone de mélange de l'effluent, une étude sur les poissons et une étude des communautés benthiques dans le milieu récepteur, la mesure de la qualité de l'eau et des sédiments du milieu récepteur afin de faciliter l'interprétation des données de suivi biologique et des essais de toxicité sous-létale sur les effluents. Les études de suivi peuvent également inclure l'analyse de traceurs chimiques d'exposition, l'analyse des congénères de dioxines et de furannes chlorés dans les poissons et une étude organoleptique sur l'altération du poisson.

Au Québec, 46 études représentant 50 fabriques (trois études conjointes) ont été complétées en avril 2000 pour le cycle 2 des ESEE, tandis que deux autres études se sont terminées en 2002. Sept études portent sur des fabriques qui déversent leurs effluents dans le milieu marin/estuarien et 41 études concernent des fabriques dans le milieu dulcicole (lacs et rivières) (figure 1 et annexe 1). Le présent rapport résume les résultats des études ESEE réalisées par ces papetières dans le cadre du deuxième cycle de ce programme de suivi. Les trois premiers chapitres concernent les caractéristiques des effluents des fabriques du Québec incluant la toxicité tandis que les deux chapitres suivants synthétisent l'information relative au suivi biologique obtenue par le biais des études de poissons et des études des communautés benthiques. Finalement le dernier chapitre est consacré à l'intégration des résultats de toxicité et du suivi biologique.



•	Fabrique	Localité
1-	Tembec	Témiscaming
2-	Abitibi-Consolidated	Amos
3-	Norkraft Québillon	Lebel-sur-Québillon
4-	Emballages Smurfit-Stone	Portage-du-Fort
5-	Papiers de spécialités Eddy et Papiers Scott	Ottawa-Hull
6-	Bowater	Gatineau
7-	Papiers Masson	Masson-Angers
8-	Papiers Fraser Nexfor	Thurso
9-	Cascades	Lachute
10-	Cascades	Saint-Jérôme
11-	Spexel	Beauharnois
12-	Papiers Scott	Crabtree
13-	Abitibi-Consolidated	Shawinigan
14-	Abitibi-Consolidated	Grand-Mère
15-	Emballages Smurfit-Stone	La Tuque
16-	Kruger Wayagamack	Trois-Rivières

•	Fabrique	Localité
17-	Kruger	Trois-Rivières
18-	Désencrages C.M.D., Cascades Lupel	Cap-de-la-Madeleine
19-	Uniforêt Tripap	Trois-Rivières
20-	Papiers Scott	Lennoxville
21-	Kruger	Bromptonville
22-	Cascades	East-Angus
23-	Domtar	Windsor
24-	Cascades	Kingsey Falls
25-	Bowater	Donnacona
26-	Fibres Breakey	Breakeyville
27-	J. Ford	Portneuf
28-	Tembec	Saint-Léonard-de-Portneuf
29-	EMCO	Pont-Rouge
30-	Compagnie de Papiers Stadacona	Québec
31-	Abitibi-Consolidated	Beaupré

•	Fabrique	Localité
32-	SFK Pâte	Saint-Félicien
33-	Bowater	Dolbeau
34-	Produits Desbiens	Desbiens
35-	Abitibi-Consolidated	Alma
36-	Abitibi-Consolidated	Jonquière
37-	Cascades	Jonquière
38-	Abitibi-Consolidated	La Baie
39-	Abitibi-Consolidated	Clermont
40-	F.F. Soucy	Rivière-du-Loup
41-	Pâtes Mohawk	Saint-Antonin
42-	Norampac	Cabano
43-	Abitibi-Consolidated	Baie-Comeau
44-	Emballages Smurfit-Stone	Matane
45-	Spruce Falls	Matane
46-	Uniforêt Scierie Pâte	Port-Cartier
47-	Emballages Smurfit-Stone	New-Richmond
48-	Gaspésia	Chandler

Figure 1. Localisation des fabriques de pâtes et papiers du Québec assujetties au programme d'études de suivi des effets sur l'environnement (ESEE).

Environnement Canada Environment Canada

2 L'industrie des pâtes et papiers au Québec

L'industrie des pâtes et papiers constitue une des pierres d'assise de l'économie du Québec. En 2000, la production de la soixantaine d'usines québécoises a atteint 11,5 millions de tonnes de pâtes, de papiers et de cartons, ce qui représente 33 % de la production canadienne. La valeur des exportations de pâtes et papiers a été de 7,9 milliards de dollars, soit 10,7 % de la valeur de toutes les exportations du Québec.

L'industrie papetière québécoise fournit de l'emploi à plus de 35 000 personnes, pour une masse salariale de 1,7 milliards de dollars. C'est surtout dans le secteur du papier journal que l'industrie papetière occupe une place prépondérante. En 2000, le Québec a produit 42 % du papier journal du Canada et 10 % du papier journal du monde entier. L'industrie papetière produit également les papiers d'impression et d'écriture, les papiers hygiéniques, les cartons et les pâtes commerciales (AIFQ, 2002 ; Ministère de l'Environnement du Québec, 2002).

2.1 Les procédés de fabrication de pâtes et papiers

Les 52 fabriques assujetties au programme ESEE sont identifiées à l'annexe 1. Elles ont été classées selon les cinq groupes de procédés de fabrications suivants : mécanique ou thermo-mécanique ; chimique ou chimico-mécanique ; kraft ; pâtes recyclées, désencrées ; autres types de fabrication de papier (pâte achetée, etc.). Dans le cas d'usines appliquant des procédés multiples, la catégorie dominante a été choisie. L'annexe 2 indique le type de procédé retenu pour chaque usine alors que l'annexe 3 présente les valeurs annuelles moyennes de production, le débit moyen des effluents, ainsi que leur charge en MES et DBO_5 pour les années 1998 et 1999 où se sont déroulées les études de terrain lors du cycle 2 des ESEE.

Chez les fabriques qui déversent leur effluent en eau douce (n=45), la production moyenne annuelle est très variable d'une fabrique à l'autre s'échelonnant entre 29 tonnes par jour et 1742 tonnes par jour. Le plus gros tonnage est produit par les usines de type kraft, suivi par les usines à procédé mécanique ou thermo-mécanique et les fabriques à procédé chimique ou chimico-mécanique (tableau 1). La production annuelle la plus faible est observée aux usines à pâtes recyclée ou désencrée et aux usines à pâte achetée et celles du type « divers ».

Pour les 7 usines qui rejettent leur effluent final en milieu marin, la production moyenne par usine varie de 400 à 1500 tonnes/jour. La production annuelle des fabriques du type chimique ou chimico-mécanique était supérieure à celle de l'usine kraft (tableau 2).

2.2 *Systèmes de traitement des effluents*

Il existe deux grands types de traitement des eaux de procédés de papetières. Tout d'abord, le traitement primaire qui permet de réduire les matières en suspension (MES) dans l'effluent jusqu'à 95% par différents procédés (décantation ou filtration). Ensuite, le traitement secondaire qui consiste en la dégradation des matières organiques dissoutes par des micro-organismes réduisant ainsi la demande biochimique en oxygène (DBO_5) ainsi que d'autres substances telles les acides résiniques jusqu'à 95 %. Toutes les papetières québécoises assujetties au REFPP sont équipées d'au moins une unité de traitement primaire et seulement cinq fabriques ne possèdent pas d'installation de traitement secondaire.

Les usines ont été classées selon les types de traitement secondaire et primaire suivants : boues activées ; boues activées avec oxygène ; réacteurs biologiques séquentiels (RBS) ; étangs aérés ; biofiltre ; traitement primaire uniquement (comprend les systèmes suivants : tamisage, décantation, membrane, système Poséïdon). L'annexe 2 indique la catégorie de traitement d'effluent de chaque usine.

Pour les usines qui rejettent leur effluent en eau douce, les fabriques ayant un traitement secondaire aux boues activées incluant l'oxygène présentent la production moyenne annuelle la plus élevée (tableau 1) alors que les usines avec un traitement primaire uniquement présentent les plus faibles productions. Les autres catégories comprennent des usines qui produisent un tonnage annuel moyen intermédiaire (tableau 1). En milieu marin, les plus grosses fabriques utilisent un système de réacteurs biologiques séquentiels ou de boues activées (tableau 2).

Tableau 1 Usines dont les effluents se rejettent en eau douce : production, débit de l'effluent, charge des effluents en MES et DBO_5 par type de procédé et catégorie de traitement d'effluent

Type de procédé	Nombre d'études	Production moyenne annuelle tonnes/jour (1)	Débit moyen annuel de l'effluent m^3/jour	MES moyen annuel de l'effluent kg/jour	DBO_5 moyen annuel de l'effluent kg/jour
mécanique, thermo-mécanique	14	697,4	30591,8	749,2	380,0
chimique, chimico-mécanique	7	739,9	34581,7	3112,1	1164,5
Kraft	8	869,8	65504,3	2273,7	1312,2
pâte recyclée, désencrée	5	250,9	5657,2	303,2	1432,5
pâte achetée, divers	7	283,3	11024,6	378,4	182,1
Mode de traitement de l'effluent					
boues activées	21	599,5	29130,7	1423,6	830,7
boues activées, oxygène	3	1334,2	93412,8	1748,4	1103,3
réacteur biologique séquentiel	6	521,6	23465,4	768,2	421,4
étangs aérés	6	758,6	37193,2	2243,4	1350,3
Biofiltre	1	596,7	29214,8	828,5	467,8
traitement primaire uniquement	4	67,4	3675,2	147,1	138,1
Valeurs pour l'ensemble des usines	41*	613,1	31703,7	1332,4	790,4

(1) Ces données correspondent aux valeurs annuelles pour 1998 et 1999, années où se sont déroulées les études de terrain (poissons, benthos) du cycle 2 (source : INDMONMEF).
Dans le cas où les études ont été effectuées sur plus d'une année, la valeur moyenne pour ces années a été calculée.
* Le total de 41 représente le nombre d'études réalisées par l'ensemble des 45 usines déversant leur effluent en eau douce.

Tableau 2 Usines dont les effluents se rejettent en milieu marin: production, débit de l'effluent, charge des effluents en MES et DBO_5 par type de procédé et catégorie de traitement d'effluent

Type de procédé	Nombre d'usines	Production moyenne annuelle tonnes/jour	Débit moyen annuel de l'effluent m^3/jour	MES moyen annuel de l'effluent kg/jour	DBO_5 moyen annuel de l'effluent kg/jour
chimique, chimico-mécanique	6	760,3 (1)	30628,4	1846,8	750.7
Kraft	1	594,7	41994,4	4691,1	933,8
Mode de traitement de l'effluent					
boues activées	4	785,3	35695,3	1749,3	639,2
étangs aérés	1	594,7	41994,4	4691,1	933,8
réacteurs biologiques séquentiels	1	1047,9	34493,1	3963,4	1735,4
traitement primaire uniquement	1	372,9	6495,9	120,0	212,4
Valeurs pour l'ensemble des usines	7	737,3	32047,7	2016,0	535,3

(1) Ces données correspondent aux valeurs annuelles pour 1998 et 1999, années où se sont déroulées les études de terrain (poissons, benthos) du cycle 2 (source : INDMONMEF).
Dans le cas où les études ont été effectuées sur plus d'une année, la valeur moyenne pour ces années a été calculée.

2.3 *Caractérisation des effluents (débit de l'effluent, MES, DBO_5)*

Le débit moyen annuel des effluents d'usines déversant en eau douce est de 31 703,7 m^3/jour (tableau 1). L'importance du débit varie en fonction de la production moyenne des fabriques. Les usines à pâte kraft qui représentent la catégorie d'usine ayant la production moyenne la plus élevée présentent les plus grands débits d'effluents alors que les fabriques utilisant la pâte recyclée ou désencrée dont la production moyenne est la plus faible ont les effluents de procédé à plus faibles débits.

Pour l'ensemble des usines dont l'effluent final se rejette en eau douce, la charge moyenne annuelle en MES de ces effluents est de 1332,4 kg/jour (tableau 1). Ces mêmes effluents finaux présentent une DBO_5 moyenne annuelle de 790,4 kg/jour. En milieu marin, le débit moyen par usine avec un effluent se déversant en milieu marin atteint 32 047,7 m^3/jour (tableau 2). La charge moyenne annuelle en MES et en DBO_5 pour ces usines est respectivement de 2016 kg/jour et de 535,3 kg/jour.

2.4 *Changements depuis le cycle 1*

De 1992 à 1995, des autorisations transitoires ont été accordées aux entreprises dont les unités de traitement secondaire n'avaient pas encore atteint un niveau de fonctionnement adéquat. Après la mise en service et le rodage des équipements de traitement secondaire, les études de suivi ont montré une diminution importante de la teneur en matières en suspension (diminution de près de 60 % entre 1994 et 2001) et de la demande biochimique en oxygène des effluents (diminution de plus de 90 % entre 1994 et 2001).

Cette diminution des rejets de MES et de DBO_5 est due à l'amélioration des systèmes de traitements existants, à la mise en place de nouveaux systèmes, à un effort accru dans la récupération interne des matières résiduelles ainsi qu'à la modification des procédés (Ministère de l'Environnement du Québec, 2002).

3 Délimitation de la zone de mélange des effluents

3.1 Objectif

L'objectif visé par la délimitation de la zone de mélange est de définir les limites du panache de l'effluent dans le milieu récepteur. Cette caractérisation permet de bien localiser les stations d'échantillonnage de benthos et de poisson dans la zone d'exposition. Notons qu'un gradient de dilution d'effluent n'est statique ni dans le temps ni dans l'espace. Les changements dans la définition de la zone de mélange peuvent provenir de variations dans le milieu récepteur ou dans l'effluent lui-même au cours du temps en raison de variations climatologiques, de la modification des procédés de fabrication de l'usine ou du traitement des effluents ou encore du déplacement de l'émissaire.

3.2 Exigences

La zone de mélange est définie à l'aide d'un traceur chimique, lors de périodes d'étiage ou de marées extrêmes. Le panache est alors délimité par une zone où la concentration de l'effluent est supérieure à 1 % (volume/volume) par rapport au milieu récepteur. Le principal traceur chimique utilisé est la rhodamine WT. Certaines fabriques ont déjà employé d'autres types de traceurs, notamment le calcium, le sodium, la concentration en certains métaux, ou encore la mesure de la conductivité, la fluorescence naturelle ou de la turbidité.

Les caractéristiques de la zone de mélange ont aussi été estimées à l'aide d'une modélisation pour des conditions d'étiage 7Q10, soit le débit minimum pendant 7 jours consécutifs selon une période de récurrence de 10 ans. Les conditions d'étiage 7Q10 correspondent à une situation où le panache de l'effluent présenterait une étendue maximale et donc une dilution minimale. Dans certains cas, la modélisation pour une même usine a été effectuée en tenant compte de différentes conditions de vents (intensité, direction). Lorsque nécessaire, l'influence des phases de la marée a aussi été considérée lors de la délimitation du panache avec un traceur ou encore dans la modélisation.

3.3 *Méthodes*

La caractérisation du panache d'un effluent est en général effectuée par injection d'une solution de rhodamine WT dans l'effluent en amont du point de rejet dans le milieu récepteur. Dans ce dernier, des transects perpendiculaires à l'axe du panache sont établis à l'aide d'un système de positionnement géographique DGPS (GPS avec différentiel). Sur chaque transect, des points d'échantillonnage sont positionnés avec précision et un prélèvement d'eau est effectué, au besoin à différentes profondeurs. D'autres mesures telles la profondeur et la température sont aussi prises. Les échantillons d'eau sont ensuite analysés pour déterminer la concentration en rhodamine. On établit aussi la concentration de rhodamine dans le milieu récepteur qui correspond à une concentration de 1% d'effluent, ce qui permet de transformer toutes les concentrations de rhodamine en concentrations d'effluent. Avec les données de positionnement et de concentration d'effluent, la zone de mélange à 1% d'effluent peut être cartographiée.

La modélisation de la dispersion du panache d'un effluent se fait le plus souvent avec le modèle CORMIX (*Cornell Mixing Zone Expert System*), reconnu par différentes agences gouvernementales, dont Environnement Canada. Le modèle Cormix prend notamment en compte la géométrie de l'émissaire pour le calcul de la dispersion rapprochée, en condition d'eau lente (débit d'étiage 7Q10 la plupart du temps). Le modèle CORMIX peut donner un aperçu de l'épaisseur du panache mais, selon Sanexen (1999), aucun modèle ne peut actuellement intégrer parfaitement le comportement d'un effluent flottant en fonction de la force et la direction du vent. La dérive du panache due au vent est estimée par des méthodes mathématiques : on y définit des vecteurs-courants et des vecteurs-vents. Le vecteur résultant représente l'axe dans lequel la dispersion de l'effluent s'exercera. L'équation mathématique nécessite l'utilisation de résultats obtenus en conditions de vent et aussi par temps calme. La durée du test à la rhodamine est prise en compte. Après cette phase de calibration du modèle, on peut effectuer la modélisation selon des cas de figures particuliers de direction ou d'intensité du vent. Les résultats, notamment la limite de concentration de d'effluent à 1%, peuvent ensuite être cartographiés.

3.4 Résultats

Lors du cycle 2, 70% des fabriques ont refait une caractérisation de leur zone de mélange. Sur les 48 études du cycle 2, 13 études ont fait une étude des traceurs (12 avec la rhodamine WT, 1 avec la conductivité). De ces mêmes 48 études, 26 ont effectué une modélisation (23 avec Cormix, 3 avec d'autres modèles mathématiques). Seulement 7 de ces études ont appliqué les deux approches (traceur et modélisation). Les résultats obtenus au cycle 2 (annexe 3) montrent que la longueur de la zone de mélange varie entre quelques mètres (durant des épisodes de crue) et une centaine de kilomètres (période d'étiage 7Q10). La limite moyenne de la zone de mélange modélisée pour le cycle 2 atteint 9316,5 m en eau douce et 779,3 m en milieu marin.

La plupart des études de traceur et de modélisation effectuées au cycle 2 ont été initiées suite à une modification de l'emplacement de l'émissaire des fabriques ou des caractéristiques de l'effluent (débits). Tel qu'attendu, l'utilisation d'une modélisation en condition 7Q10 a permis de définir une zone de mélange bien plus longue que ne le laissaient suggérer les résultats des études avec traceurs. Dans un cas seulement, la zone de mélange, définie par la limite de concentration d'effluent de 1 %, a été éliminée au cycle 2, puisque la concentration de l'effluent dès le point de rejet était inférieure à 1 %.

4 Essais de toxicité des effluents

4.1 Objectifs

Les essais de toxicité visent à déterminer si l'effluent a le potentiel d'affecter les organismes aquatiques et à surveiller la qualité de l'effluent. Lors de ces essais, des organismes sont exposés à différentes dilutions de l'effluent. Les variables biologiques mesurées lors des essais de toxicité sont la survie, la croissance ou la reproduction. La toxicité sous-létale de l'effluent peut être exprimée par la concentration (CI_{25}), i.e. la concentration en % volume/volume (% v/v) inhibant à 25 % la variable mesurée chez des organismes exposés par rapport à un lot d'organismes témoin. Plus l'échantillon est toxique sur le plan sous-létal, plus la CI_{25} tend vers 0 %. À l'opposé, une CI_{25} de moins en moins toxique tend vers 100 %, du moins pour les essais

sur des organismes dulcicoles. La non-toxicité d'un échantillon est donc représentée par une CI_{25} > 100 %. Pour les organismes d'essai marins, la concentration d'essai maximale est de 67 %, à cause de l'addition de saumure hypersalée lors de la phase d'ajustement de la salinité de l'effluent. Dans ce cas, une CI_{25} > 67 % implique qu'il n'y a pas de toxicité sous-létale. Certains essais de toxicité permettent de déterminer l'effet de l'échantillon sur la survie des organismes. On obtient dans ce cas une CL_{50}, c'est-à-dire une concentration létale pour 50 % des organismes d'essai. Lorsque des moyennes sont calculées, on effectue la moyenne géométrique des CI_{25} ou encore des CL_{50}. Ces termes sont identifiés respectivement par : $MGCI_{25}$ ou $MGCL_{50}$.

Les organismes utilisés pour les essais de toxicité sous-létale dans le cadre des ESEE des usines des pâtes et papiers sont représentatifs des différents niveaux trophiques de l'écosystème. On y retrouve des plantes, des invertébrés et des poissons. Les essais de toxicité sous-létale visent deux objectifs spécifiques, à savoir contribuer au programme ESEE en participant à l'élaboration du « poids de la preuve » et mesurer les variations de la toxicité attribuables à des changements apportés au traitement des effluents et aux procédés industriels (Environnement Canada, 1997d). Les essais retenus pour les ESEE des usines des pâtes et papiers sont cités dans le Guide technique pour l'ESEE - Pâtes et Papiers (Environnement Canada, 1998).

4.2 Exigences et méthodes

Chaque année comprend deux périodes d'échantillonnage de l'effluent, ou séries. Pour le cycle 2, il y a eu 6 séries de prélèvements au total. Au cycle 1, quatre séries avaient été effectuées. À chaque série, un échantillon d'effluent a été soumis à trois essais de toxicité sous-létale différents (tableau 3).

Tableau 3. Essais de toxicité sous-létale recommandés pour l'évaluation des effluents d'usines de pâtes et papiers

Description de l'essai	Milieu récepteur	Espèce utilisée	Méthode(s) acceptable(s)
Premiers stades de développement des poissons	Marin/estuarien	Capucette *Menidia beryllina*	U.S. EPA 1994 Exigences minimales relatives au rapport pour Environnement Canada
		OU	
		Atherinops affinis	U.S. EPA 1995 Exigences minimales relatives au rapport pour Environnement Canada
	Eau douce	Méné tête-de-boule (*Pimephales promelas*) ou Salmonidés [1]	Environnement Canada 1992 [e] Modifications apportées à la méthode en novembre 1997
Reproduction des invertébrés	Marin/estuarien	Échinidés : oursin de mer	Environnement Canada 1992 [c] Modifications apportées à la méthode en novembre 1997
Survie et reproduction des invertébrés	Eau douce	*Ceriodaphnia dubia*	Environnement Canada 1992 [d] Modifications apportées à la méthode en novembre 1997
Toxicité pour les plantes	Marin/estuarien	*Champia parvula*	U.S. EPA, 1994 Exigences minimales relatives au rapport pour Environnement Canada
	Eau douce	*Selenastrum capricornutum*	Environnement Canada 1992 [b] Modifications apportées à la méthode en novembre 1997

1 : Aux endroits au Canada où le Tête-de-boule n'est pas indigène dans le milieu récepteur, un salmonidé doit être utilisé conformément aux indications données dans Environnement Canada (1997c).

Au cycle 2, l'essai de toxicité sous-létale avec une plante a été le test d'inhibition de croissance chez l'algue *Selenastrum capricornutum* pour les fabriques rejetant leur effluent en eau douce (Environnement Canada, 1992b). En milieu marin, un essai de reproduction chez l'algue *Champia parvula* a été effectué (U.S. EPA, 1994). Notons qu'au cycle 1, certaines usines dont l'effluent se déversait en eau douce ont utilisé le test d'inhibition de croissance avec la plante vasculaire aquatique *Lemna minor*. Pour fins de comparaisons des résultats entre les cycles 1 et 2, seuls ceux obtenus avec l'algue *Selenastrum* seront pris en compte.

L'essai de toxicité impliquant les invertébrés a été fait avec un test de reproduction (sous-létalité) et de survie (létalité) sur le crustacé cladocère *Ceriodaphnia dubia* pour les usines déversant un effluent en eau douce. En milieu marin, l'essai sur les invertébrés a été fait avec un test de fécondation chez l'oursin de mer, le plus souvent l'espèce étant *Lytechinus pictus*, mais l'oursin *Arbacia punctulata* a été utilisé occasionnellement (Environnement Canada, 1992d; 1992c).

Chez les poissons, un test de croissance et de survie des larves de poisson a été effectué avec le méné Tête-de-boule *Pimephales promelas* pour les études en eau douce (Environnement Canada, 1992e) et un test de croissance et de survie a été entrepris avec le poisson capucette *Menidia beryllina* pour les usines déversant en milieu marin (U.S. EPA, 1994).

Les résultats de toxicité sous-létale ont été classés dans les 4 catégories suivantes, comme c'était le cas dans le rapport synthèse du cycle 1 (Langlois et Dubuc, 1999) :

eau douce :

$CI_{25} < 15$ % (v/v)

15 % (v/v) $\leq CI_{25} < 50$ % (v/v)

50 % (v/v) $\leq CI_{25} < 100$ % (v/v)

$CI_{25} \geq 100$% (v/v)

milieu marin :

$CI_{25} < 15$ % (v/v)

15 % (v/v) $\leq CI_{25} < 50$ % (v/v)

50 % (v/v) $\leq CI_{25} < 67$ % (v/v)

$CI_{25} \geq 67$ % (v/v)

4.3 Résultats

4.3.1 Toxicité sous-létale moyenne observée au cycle 2

Les moyennes géométriques de chaque type d'essai sous-létal pour chaque papetière sont présentées à l'annexe 4. Le tableau 4 présente les moyennes géométriques des CI_{25} de l'ensemble des essais de toxicité sous-létale effectués sur les effluents des usines se déversant en eau douce et en milieu marin. Les essais avec *Ceriodaphnia* en eau douce et *Champia* en milieu marin révèlent les moyennes géométriques les plus faibles pour l'ensemble des données du cycle 2. La variabilité associée aux valeurs moyennes reste grande. L'étendue maximale des CI_{25} s'observe pour les essais avec *Ceriodaphnia* (eau douce) et avec l'oursin de mer (milieu marin).

Tableau 4. Moyennes géométriques des CI_{25} et valeurs extrêmes pour l'ensemble des essais de toxicité sous-létale effectués sur les effluents des fabriques en eau douce et en milieu marin (cycle 2)

Organismes d'essai	Cycle 2		
	Nombre d'essais	$MGCI_{25}$ % (v/v)	Étendue
eau douce			
Selenastrum	235	65,3	13,7 - >100
Ceriodaphnia	237	35,4	3,6 - >100
Pimephales	237	78,4	20,9 - >100
milieu marin			
Champia	34	13,4	9,7 - 38,3
Oursin de mer	34	22,3	2,9 - 58,7
Menidia	34	68,3	66,6 - 69,9

En général, un résultat non toxique pour les organismes d'essai marin est noté ≥ à 67 % (v/v), ce qui est la limite maximale de concentration que l'on puisse obtenir après ajustement de la salinité de l'échantillon d'effluent avec une saumure hypersalée, selon le protocole en vigueur pour l'instant.

Le nombre d'études présentant une toxicité sous-létale moyenne élevée ($MGCl_{25}$ < 15 % v/v) varie de 0 à 5 selon l'organisme d'essai en eau douce et en milieu marin (figures 2 et 3). Le nombre d'études ne présentant pas de toxicité sous-létale ($MGCl_{25}$ > 100 % v/v) au cycle 2 varie de 1 à 13 selon les essais sur les organismes dulcicoles et entre 0 et 6 pour l'équivalent marin. Pour les organismes d'essai d'eau douce, la fréquence modale est représentée dans la classe de toxicité sous-létale comprise entre 15 % et 50 % (*Ceriodaphnia*) ou entre 50 % et 100 % (*Selenastrum* et *Pimephales*). Pour les espèces marines, le faible effectif des études amoindrit la significativité des classes modales. Il est toutefois intéressant de noter qu'un seul des effluents des études en milieu marin a révélé de la toxicité sous-létale avec la capucette (figure 3).

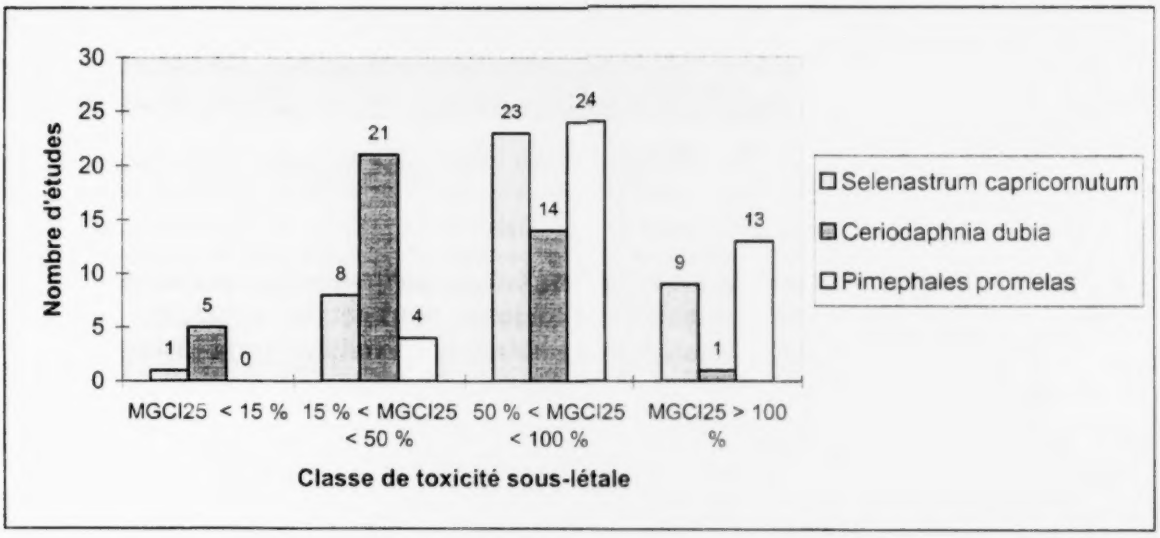


Figure 2 Fréquence des études en eau douce par classe de toxicité sous-létale en fonction des organismes d'essai.

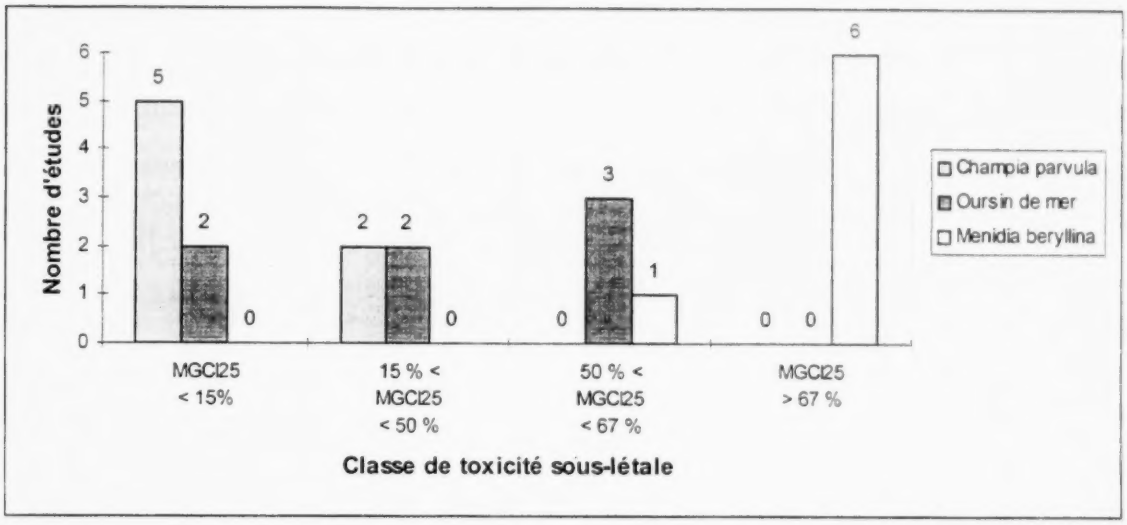


Figure 3 **Fréquence des études en milieu marin par classe de toxicité sous-létale en fonction des organismes d'essai.**

4.3.2 Toxicité sous-létale en fonction du type de production des fabriques

Pour les usines qui se déversent en eau douce, l'essai avec le crustacé *Ceriodaphnia* montre la $MGCl_{25}$ la plus faible dans l'ensemble des catégories de procédés de fabrication (tableau 5). Les résultats indiquent que ce test présente les valeurs de Cl_{25} les plus variables. En milieu marin, c'est l'essai avec l'algue *Champia* qui présente les $MGCl_{25}$ les plus faibles et montre des valeurs indicatrices d'une toxicité notable ($MGCl_{25}$ < 15 % v/v). Les résultats ne montrent pas de valeurs particulièrement extrêmes pour un type de production donné, ni en eau douce ni en milieu marin.

4.3.3 Toxicité sous-létale en fonction du mode de traitement des eaux de procédés

La comparaison de la toxicité sous-létale des usines ayant un traitement secondaire avec celles n'ayant qu'un traitement primaire montre que ces dernières présentent une toxicité plus élevée chez *Ceriodaphnia* et *Pimephales* pour les études en eau douce (tableau 6). À l'opposé, on note des résultats de toxicité sous-létale plus élevés pour deux des trois organismes d'essai (*Champia* et l'oursin de mer) chez les fabriques en milieu marin ayant un traitement secondaire. Il faut toutefois rappeler que l'effectif des échantillons des usines en milieu marin est très petit, ce qui limite l'interprétation des résultats pour ces usines.

Tableau 5 Moyennes géométriques des CI_{25} des essais sous-létaux effectués au cycle 2 et valeurs extrêmes exprimées par catégorie de production des fabriques.

espèce-test	Mécanique - thermo-mécanique			Chimique - chimico-mécanique			Kraft			Pâte recyclée - désencrée			Divers		
	Nombres d'échantillons	$MGCI_{25}$ % (v/v)	Étendue	Nombres d'échantillons	$MGCI_{25}$ % (v/v)	Étendue	Nombres d'échantillons	$MGCI_{25}$ % (v/v)	Étendue	Nombres d'échantillons	$MGCI_{25}$ % (v/v)	Étendue	Nombres d'échantillons	$MGCI_{25}$ % (v/v)	Étendue
Selenastrum	78	76,5	4,2 - 100	39	48,3	3,8 - 100	48	45,3	6,2 - 100	30	72,9	9,4 - 100	40	86,0	8,1 - 100
Ceriodaphnia	80	36,0	0,9 - 100	39	26,6	4,1 - 100	48	37,7	1,9 - 100	30	40,3	5,6 - 100	40	39,4	3,9 - 100
Pimephales	80	87,4	16,6 - 100	39	64,9	4,5 - 100	48	90,9	37,9 - 100	30	66,6	7 - 100	40	73,8	4,1 - 100
Champia				28	13,7	2,7 - 68	6	9,7	0,5 - 68,1						
Oursin de mer				28	19,8	1,5 - 69	6	36,5	9,4 - 67						
Menidia				28	68,3	65 - 73	6	68,5	67 - 72						

Tableau 6 Moyennes géométriques des CI_{25} des essais sous-létaux effectués au cycle 2 et valeurs extrêmes exprimées par mode de traitement de l'effluent.

Organisme d'essai	Traitement primaire			Traitement secondaire		
	Nombre d'échantillons	$MGCI_{25}$ % (v/v)	min - max	Nombre d'échantillons	$MGCI_{25}$ % (v/v)	min - max
Selenastrum	21	64,4	25,3 - 100	214	65,4	13,7 - 100
Ceriodaphnia	21	11,4	3,6 - 97,6	216	40,0	9,0 - 100
Pimephales	21	52,7	42,4 - 70,9	216	81,8	20,9 - 100
Champia	6	53,14	38,35 – 68,1	28	11,1	2,7 – 68
Oursin de mer	6	60,53	32 – 67,7	28	18,8	2,3 – 69
Menidia	6	66,6	65 – 67,7	28	68,5	67 - 73

Chez les fabriques dont l'effluent final se déverse en eau douce (figure 4), le système de traitement par boues activées avec oxygénation (n = 3) semble plus efficace que celui basé sur les boues activées seules (n = 21), pour ce qui est de réduire la toxicité chronique des eaux traitées. La valeur moyenne des CI_{25} pour la Cériodaphnie, espèce dulcicole la plus sensible, est du même ordre de grandeur que la CI_{25} de *Selenastrum* dans le cas du traitement par boues activées avec oxygénation. Dans les autres cas, les résultats avec l'organisme d'essai invertébré montrent une toxicité chronique plus marquée que chez l'algue verte. Il est intéressant de noter que le système de biofiltre génère deux résultats non toxiques (*Selenastrum* et *Pimephales*) malgré un faible effectif (n = 1). En général, la toxicité chronique chez *Selenastrum* et la Cériodaphnie demeure notable dans les échantillons d'eau issus du traitement par étang aéré.

Chez les usines dont l'effluent se déverse en milieu marin (figure 5), les résultats des essais réalisés sur *Champia*, *Menidia* et l'oursin de mer sont similaires dans le cas du traitement par boues activées, étang aéré ou réacteurs biologiques séquentiels. Les résultats avec l'algue *Champia* et l'oursin de mer montrent une toxicité plus élevée que chez le poisson capucette *Menidia*.

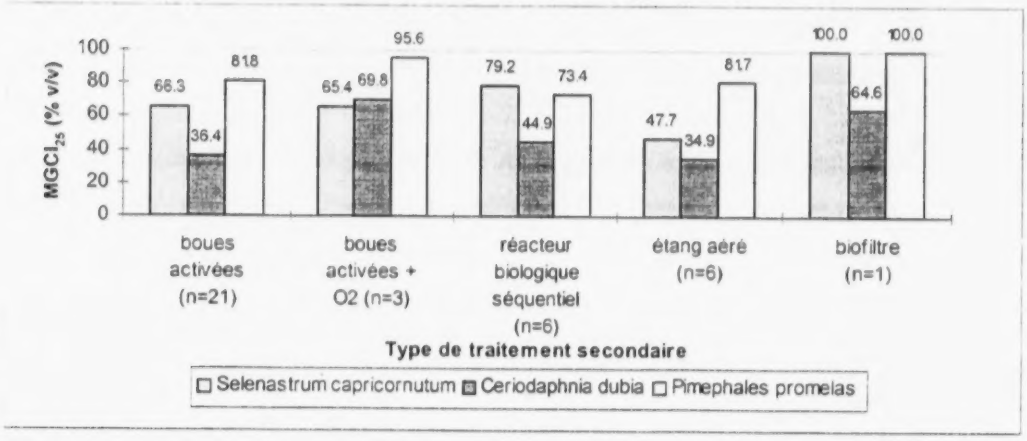


Figure 4 **Toxicité sous-létale moyenne selon le type de traitement secondaire appliqué aux effluents des usines en eau douce.**

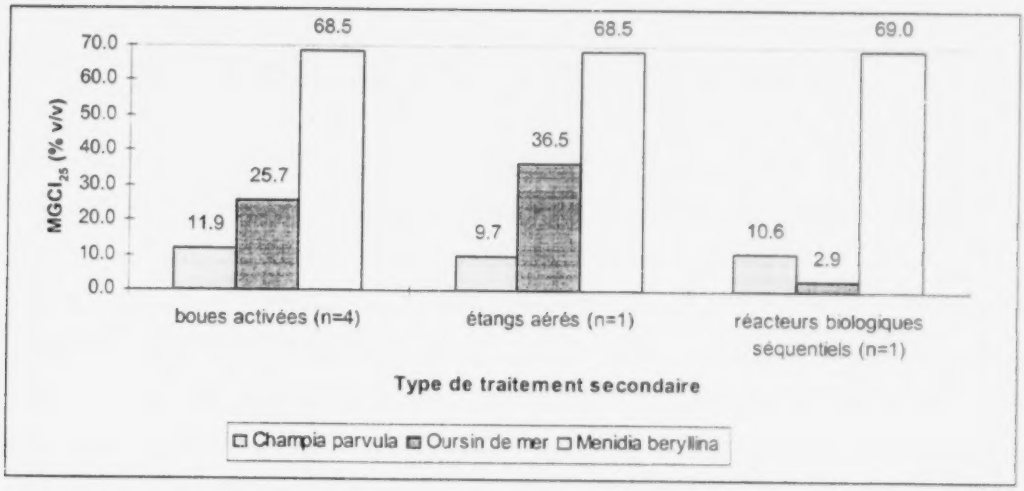


Figure 5 **Toxicité sous-létale moyenne selon le type de traitement secondaire appliqué aux effluents en milieu marin.**

4.3.4 Changements depuis le cycle 1

Au cycle 2, tous les tests montrent une augmentation de la moyenne géométrique depuis le cycle 1. Les concentrations sous-létales minimales observées ont augmenté, ce qui souligne une fois de plus la réduction de la toxicité d'un cycle à l'autre. En général, les séries temporelles (figures 6 et 7) montrent une évolution de la toxicité chronique moyenne au cours du temps, les $MGCl_{25}$ étant plus élevées au cycle 2 qu'au cycle 1. *Ceriodaphnia* et *Champia* semblent être les organismes d'essai les plus sensibles. Pour ce qui est des fabriques en milieu marin, la capucette *Menidia* a produit des résultats non toxiques durant les 5 dernières séries successives du cycle 2 (figure 7).

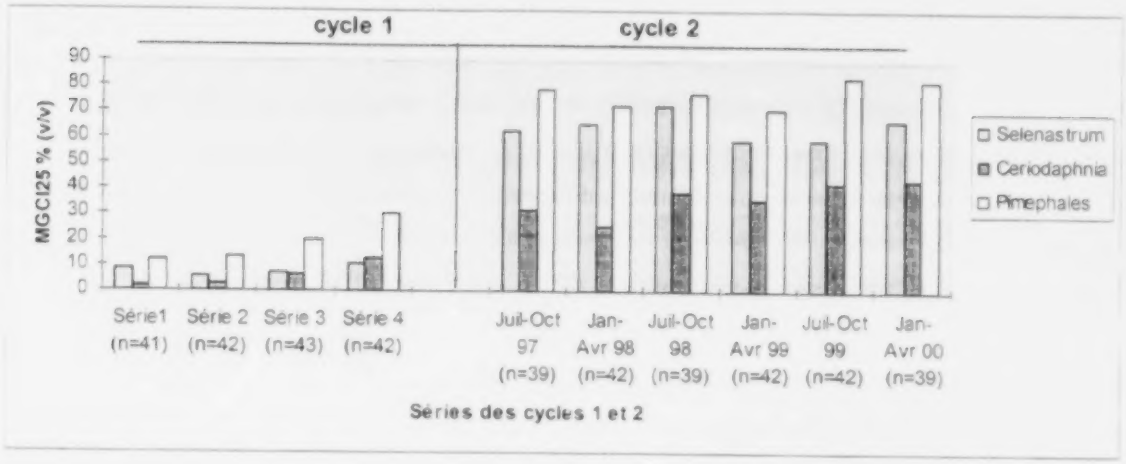


Figure 6 **Moyenne géométrique des résultats des essais sous-létaux en fonction de la période d'échantillonnage (cycles 1 et 2) et de l'organisme d'essai en eau douce.**

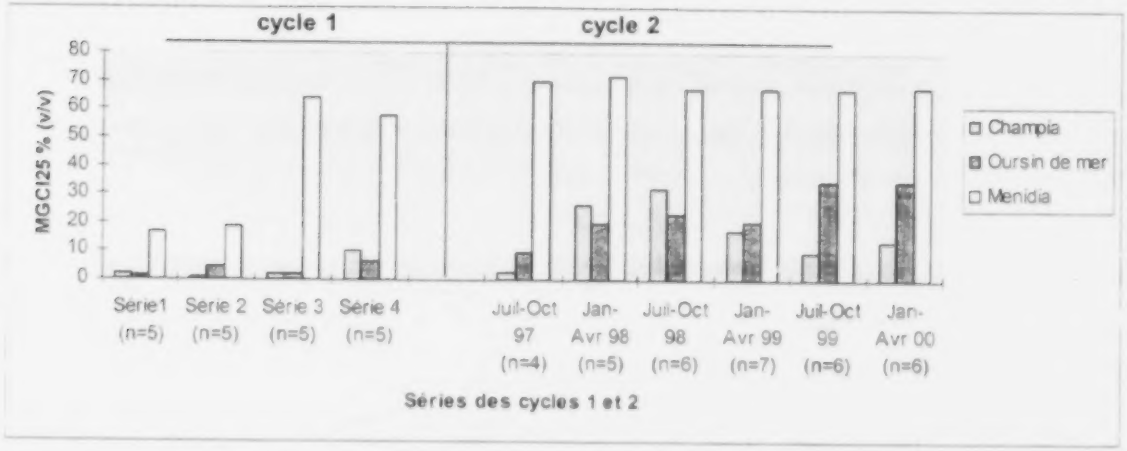


Figure 7 **Moyenne géométrique des résultats des essais sous-létaux en fonction de la période d'échantillonnage (cycles 1 et 2) et de l'organisme d'essai en milieu marin.**

Au cycle 1, on compte un total de 23 études ayant fait des essais de toxicité sous-létale sur les effluents dont le traitement final a été modifié de primaire à secondaire au cours de l'étude (22 études en eau douce, 1 usine en milieu marin). En tout, 14 études ont effectué des essais sous-létaux sur les effluents provenant du traitement primaire seulement (13 études en eau douce, 1 fabrique en milieu marin). Dix études ont pratiqué des essais sous-létaux sur les effluents provenant du traitement secondaire seulement (7 en eau douce, 3 en milieu marin).

Par la suite, un grand nombre de fabriques ont mis en route un système de traitement secondaire des eaux de production. Au cycle 2, on note cinq études avec un système de traitement primaire seulement (4 en eau douce, 1 en milieu marin) alors qu'il y a 43 études avec un système de traitement secondaire (37 en eau douce, 6 en milieu marin).

Les usines déversant un effluent en eau douce après un traitement primaire, autant au cycle 1 qu'au cycle 2 (figure 8, catégories A et B) montrent des $MGCI_{25}$ plus élevées au second cycle, notamment pour les essais avec l'algue *Selenastrum* et le méné Tête-de-boule (*Pimephales*). Les usines avec un traitement secondaire au cycle 2 présentent des $MGCI_{25}$ plus élevées qu'au cycle 1, même après la réduction de la toxicité sous-létale des effluents observée suite à la mise en place du traitement secondaire au cycle 1 (figure 8, catégories C, D et E).

Malgré les plus faibles effectifs des essais pour les études en milieu marin, le même schéma est observé avec les résultats des essais sur la capucette *Menidia* pour les usines qui ont installé un système de traitement secondaire au cours du cycle 1 (figure 9, catégories C, D et E). On dénombre une seule usine à traitement primaire déversant un effluent en milieu marin aux deux cycles. À ce site, l'amélioration fort notable de la toxicité sous-létale au cycle 2 provient de la mise en place d'un système de recirculation des eaux de procédé après traitement.

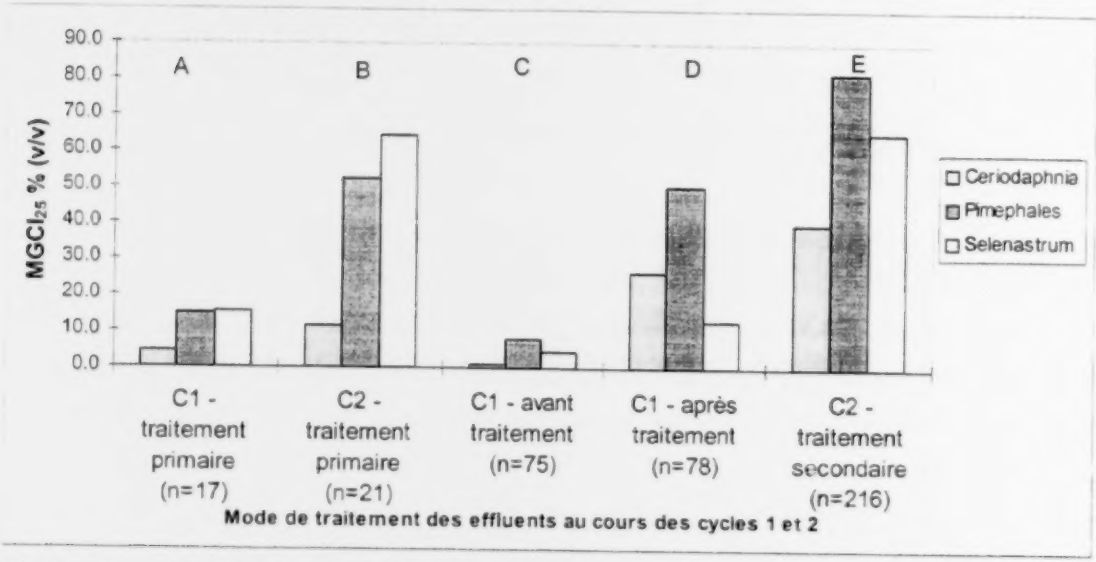


Figure 8 **Toxicité sous-létale moyenne pour chaque organisme d'essai en fonction du mode de traitement des effluents aux usines dont l'effluent se déverse en eau douce.**

A et B : usines n'ayant qu'un traitement primaire seulement aux cycles 1 et 2. C et D : cycle 1, respectivement avant et après mise en place d'un traitement secondaire. E : usines ayant un traitement secondaire au cycle 2.

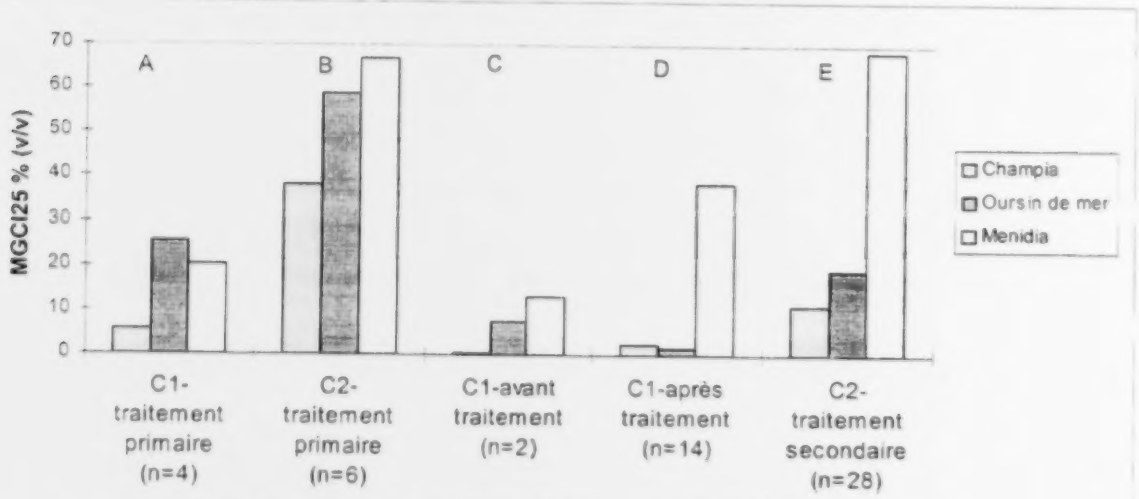


Figure 9 **Toxicité sous-létale moyenne pour chaque organisme d'essai en fonction du mode de traitement des effluents aux usines dont l'effluent se déverse en milieu marin.**

A et B : usines n'ayant qu'un traitement primaire seulement aux cycles 1 et 2. C et D : cycle 1, avant et après mise en place d'un traitement secondaire. E : usines ayant un traitement secondaire au cycle 2.

5 Étude sur les poissons dans le milieu récepteur

5.1 Objectifs

Le principal objectif de ce volet des ESEE est d'évaluer les effets des effluents des fabriques de pâtes et papiers sur la survie, la croissance et la reproduction des poissons. Les effets induits chez les poissons par les effluents de pâtes et papiers peuvent prendre diverses formes. Ils dépendent de nombreux facteurs tels que: les substances libérées dans le milieu récepteur, le type d'habitat, le niveau de dégradation du milieu récepteur, les espèces considérées, la précision statistique recherchée au cours des observations et le niveau d'organisation biologique (molécule, tissu, organe, individu ou population) des échantillons (Carlberg et Stuthridge, 1996; Muir et Servos, 1996; Munkittrick et McMaster, 2000; Munkittrick *et al.*, 2002; Sibley *et al.* 2001; Swanson *et al.*, 1996).

Devant la complexité des interactions possibles, il n'est pas simple de prédire ce que seront les effets à un endroit donné. À Jackfish Bay, en Ontario, le procédé de fabrication de pâte Kraft accompagné de blanchiment au chlore, suivi par un traitement primaire, a entraîné des effets toxiques évidents chez le meunier noir (Munkittrick *et al.*, 1991). Pour le même type d'usines au Canada mais dotées d'un traitement secondaire, les résultats semblent plus variables (Servos *et al.*, 1992 ; Swanson *et al.*, 1996). Suite à l'enrichissement organique dans le milieu, d'autres réactions ont été observées chez les poissons : augmentation de la croissance (Hodson *et al.*, 1992), hypertrophie du foie (Gibbons et Munkittrick 1994; Munkittrick *et al.* 2000) et retard dans la maturation sexuelle et/ou diminution de la taille relative des gonades ou de la fécondité (Munkittrick *et al.*, 1994; Gagnon *et al.* 1995; Gibbons et Munkittrick 1994; Munkittrick *et al.* 2000). Lorsque les effets toxiques se combinent avec ceux provoqués par l'enrichissement organique, la réponse peut prendre une vaste gamme de formes chez les populations étudiées. Toutefois, l'analyse nationale des données du cycle 2 des ESEE montre qu'à travers le Canada les principales tendances des réponses observées vont vers une diminution du poids des gonades et une augmentation du poids du foie ainsi que de la taille des poissons. Cette réponse semble indiquer une certaine forme de perturbation endocrinienne associée aux effets de l'eutrophisation du milieu récepteur (Lowell *et al.*, 2003). Une approche descriptive a été adoptée pour décrire la variabilité observée dans les types de réponses des espèces sentinelles du Québec.

Pour les fins du programme ESEE, un effet est défini comme une différence statistique significative pour une variable indicatrice entre une zone exposée et une zone de référence. Cependant, le groupe d'experts (Environnement Canada, 1997a) considère qu'une différence de 25% dans le poids des gonades selon le poids corporel entre la zone de référence et la zone d'exposition comporte une signification écologique. Par ailleurs, suite à l'analyse nationale des résultats du cycle 2, ce groupe d'experts a proposé également des tailles d'effets qui tiennent compte de la variabilité naturelle et qui pourrait représenter un seuil de signification écologique pour les autres paramètres soit une différence de 25% pour le poids du foie selon le poids corporel et le poids selon l'âge et 10 % pour le facteur de condition (poids/longueur). Nous en discuterons plus en détail au chapitre 7.

5.2 Exigences et méthodes

Tout comme au cycle 1, la stratégie d'échantillonnage recommandée et appliquée au cycle 2 en eaux douces était du type contrôle-impact, c'est-à-dire, une zone d'exposition en aval de l'effluent et une zone de référence située dans le même cours d'eau en amont de l'émissaire de la fabrique. Les secteurs devaient être échantillonnés à la fin de l'été ou au début de l'automne pendant une courte période, soit moins de deux semaines. En milieu estuarien ou marin, la zone de référence était localisée à l'extérieur du panache de l'effluent dans un secteur adjacent.

Les exigences de l'étude des poissons nécessitent que les fabriques échantillonnent deux espèces sentinelles. Dans la majorité des études du 2^{e} cycle, des poissons ont été utilisés. Cependant, la *Loi sur les pêches* considère au même titre d'autres catégories d'organismes (i.e. crustacés et mollusques) qui ont aussi fait l'objet de quelques études. Idéalement, les espèces étudiées par les papetières comprennent uniquement des individus matures, mais l'inclusion d'un certain nombre d'immatures permet aussi d'évaluer la réponse à l'effluent. En milieu dulcicole, 17 espèces de poissons différentes ont servi d'espèces sentinelles (tableau 7). Comme au cycle précédent, le meunier noir (*Catostomus commersoni*) a été le plus couramment utilisé. Le meunier rouge (*Catostomus catostomus*), la perchaude (*Perca flavescens*) et le raseux-de-terre noir (*Etheostoma nigrum*) ont été les autres espèces sentinelles choisies le plus souvent. Certaines espèces (i.e. achigan à petite bouche *Micropterus dolomieui*, entre autres) ne répondent pas aux critères du guide technique d'Environnement Canada (1998) qui stipule que l'espèce désignée doit être abondante, aisée à

échantillonner, non migratrice, de préférence benthivore et peu mobile. D'autre part, un autre critère important s'ajoute à cette liste, soit celui de pouvoir obtenir un nombre suffisant d'individus dans la zone exposée. Il s'en suit que les espèces sentinelles peuvent être considérées, dans une certaine mesure, tolérantes ou moyennement tolérantes à la pollution. Il est intéressant de constater, au tableau 7, que certains taxons présents à de nombreux sites ont fait l'objet d'un faible nombre d'études (i.e. barbotte brune (*Ameiurus nebulosus*), crapet de roche (*Ambloplites rupestris*), ouitouche (*Semotilus corporalis*) et fouille-roche zébré (*Percina caprodes*)). Ces espèces représentent un potentiel intéressant pour les prochains cycles si des modifications devaient être apportées aux plans d'études des fabriques concernées.

Tableau 7 Fréquence d'utilisation et d'occurrence des espèces sentinelles désignées par les fabriques au cycle 2

Catégorie d'organisme	Famille ou classes (C)	Nom commun	Nom latin	Fréquence d'utilisation par les fabriques	Fréquence de capture
Poissons dulcicoles	Catostomidés	Meunier noir	*Catostomus commersoni*	22	31
	Catostomidés	Meunier rouge	*Catostomus catostomus*	12	21
	Percidés	Perchaude	*Perca flavescens*	7	26
	Percidés	Raseux-de-terre noir*	*Etheostoma nigrum*	4	9
	Cyprinidés	Naseux des rapides	*Rhinichthys cataractae*	3	9
	Ictaluridés	Barbotte brune	*Ameiurus nebulosus*	2	18
	Ictaluridés	Barbue de rivière	*Ictalurus punctatus*	2	4
	Catostomidés	Chevalier blanc	*Moxostoma anisurum*	2	9
	Centrarchidés	Crapet de roche	*Ambloplites rupestris*	2	15
	Percidés	Dard tesselé	*Etheostoma olmstedi*	2	4
	Cyprinidés	Ouitouche	*Semotilus corporalis*	2	24
	Centrarchidés	Achigan à petite bouche	*Micropterus dolomieui*	1	14
	Cottidés	Chabot tacheté	*Cottus bairdi*	1	2
	Percidés	Fouille-roche zébré	*Percina caprodes*	1	14
	Cyprinidés	Mulet perlé	*Semotilus margarita*	1	2
	Cyprinidés	Naseux noir	*Rhinichthys atratulus*	1	1
	Percopsidés	Omisco	*Percopsis omiscomaycus*	1	2
Poissons marins	Cottidés	Chaboisseau à épines courtes	*Myoxocephalus scorpius*	3	3
	Pleuronectidés	Plie rouge	*Pseudopleuronectes americanus*	1	2
Invertébrés marins	Bivalves (C)	Moule bleue	*Mytilus edulis*	2	nc
	Bivalves (C)	Macoma	*Macoma balthica*	1	nc
	Gastéropodes (C)	Buccin commun	*Buccinum undatum*	1	nc

Légende: nc: non calculé, *: peut inclure *Etheostoma olmstedi* pour certaines études

En milieu estuarien ou marin, deux espèces de poissons (le chaboisseau à épines courtes et la plie rouge) et trois espèces d'invertébrés (la moule bleue, *Macoma balthica* et le buccin commun) ont été choisies à titre d'espèces sentinelles (tableau 7). Parmi ces dernières, le chaboisseau à épines courtes a été retenu par trois fabriques, la moule bleue a été utilisée dans deux études tandis que les autres organismes ont tous été utilisés en une seule occasion.

Afin d'obtenir des résultats probants et pouvoir tirer des conclusions, les usines devaient respecter des exigences minimales et devaient donc échantillonner deux espèces sentinelles, pour lesquelles au moins 20 à 30 individus matures de chaque sexe devaient être capturés dans les zones d'exposition et de référence (Environnement Canada, 1997a). Afin d'améliorer les résultats de pêche, le Comité aviseur technique (CAT) qui révise les plans d'étude et analyse les rapports d'interprétation des fabriques a établi une liste de recommandations au cycle 2. Ces recommandations exigeaient d'effectuer la pêche entre la mi-août et le début d'octobre, d'installer des engins à au moins cinq stations dans chaque zone durant sept jours pour obtenir un effort de pêche de 70 engins-jours au minimum. Le CAT demandait aussi d'utiliser plusieurs engins ou techniques appropriés à la capture des espèces recherchées et ce de façon simultanée.

La récolte des poissons s'est déroulée en 1997, 1998, 1999 et 2001 principalement de la fin d'août à la mi-septembre, mais parfois dès la mi-août et jusqu'à la fin du mois d'octobre. Les onze engins de pêche employés par les consultants pour l'échantillonnage ont été, en ordre décroissant d'utilisation : filets maillants (mono et multifilament, panneaux de différentes mailles ou d'une seule maille), verveux (divers modèles), pêche électrique (courant alternatif ou continu, voltages variables), nasses à cyprins (bourolles), pêche à la ligne, seine (divers types), trappe Alaska, palangre (ligne morte), fascine (installation commerciale), récolte manuelle et benne Ponar opérée à la main (annexe 5). Parfois jusqu'à cinq engins ou méthodes ont été employés simultanément pour une étude donnée. Comparativement au cycle 1, une plus grande diversité méthodologique a été notée. Au cycle 2, le filet maillant demeure l'engin le plus utilisé et la pêche électrique est toujours une des techniques privilégiées, mais on constate l'emploi accru des verveux et des nasses à cyprins.

La durée moyenne d'échantillonnage a été de 11 jours, mais quelques études ont été complétées en deux jours alors qu'à d'autres endroits les pêches se sont étalées sur une période de 40 jours. Un plus grand effort a été consenti au cycle 2 car la durée moyenne de l'échantillonnage n'avait été que de sept jours au cycle 1 (Langlois et Dubuc, 1999). Une meilleure connaissance des espèces présentes et des milieux a permis l'amélioration générale de la qualité des études depuis la fin du cycle 1.

Les variables suivantes ont été mesurées ou estimées chez les poissons : longueur, poids frais total, âge, poids frais des gonades, fécondité des femelles (nombre absolu d'œufs), poids frais du foie, état externe du poisson (parasites, lésions et autres anomalies) et sexe. L'état externe, la fécondité des femelles et l'âge ont été les variables le plus souvent mal rapportées ou non mesurées. Les mesures réalisées chez les invertébrés utilisés à titre d'espèces sentinelles, distinctes de celles des poissons, comprenaient entre autres des mesures volumiques et des variables de type ratio. Certaines fabriques ont également rapporté des informations pour des individus immatures, données que nous avons examiné pour en juger l'utilité.

En ce qui concerne les traitements statistiques des informations recueillies, l'approche préconisée et suivie par toutes les fabriques est basée sur la comparaison d'échantillons des zones d'exposition et de référence. Dans une première étape, les consultants ont présenté les statistiques descriptives des paramètres biologiques et morphologiques (annexe 6). Des analyses de variance (ANOVA) à un critère de classification ou des tests de Student ont été utilisés par la plupart des fabriques pour détecter les différences significatives des moyennes entre la zone exposée et de référence, ainsi qu'entre les sexes. Par la suite, pour chacune des zones, les paramètres biologiques ont été examinés en paires selon l'analyse de régression linéaire (variables transformées ou brutes) pour caractériser les relations suivantes :

- Longueur selon l'âge et poids corporel selon l'âge (décrivent la croissance)
- Poids corporel en fonction de la longueur (associé à la condition du poisson)
- Poids du foie selon la longueur, le poids corporel (rapport hépato-somatique) ou l'âge
- Poids des gonades en fonction de la longueur, du poids corporel (rapport gonado-somatique) ou de l'âge
- Fécondité des femelles selon la longueur, le poids corporel ou l'âge

Pour une espèce donnée, le nombre de comparaisons maximal est de neuf pour les mâles et il est de douze pour les femelles. La dernière étape consistait ensuite à faire les calculs par analyse de covariance (ANCOVA) pour les relations analysées entre les zones d'exposition et de référence. Soulignons que la comparaison des deux droites de régression obtenues par ANCOVA n'est possible que lorsque celles-ci sont parallèles et de pentes non nulles. Dans les cas ou les pentes sont significativement différentes, on parle alors « d'interaction » et aucune comparaison n'est possible. Le test de diagnostic final qui permet de déceler une différence entre les deux droites porte sur les ordonnées à l'origine respectives.

Finalement, en ce qui concerne l'étude des stéroïdes sanguins et des enzymes hépatiques mesurées *in vivo* ou *in vitro* au cours de certains projets de recherche des tests de Kruskal-Wallis ont été employés pour comparer les deux zones.

5.3 Résultats et discussion

5.3.1 Résultats de captures

Au cours du deuxième cycle, 38 fabriques (36 études) ont étudié des espèces sentinelles, incluant trois usines se déversant en milieu estuarien ou marin. Il faut noter que 14 fabriques (12 études) n'ont pas fait d'étude de poisson au cycle 2 en raison d'une zone de mélange à 1% de dilution inférieure à 250 mètres en surface ou à cause de l'impossibilité de pêcher dans le milieu récepteur (milieu non propice ou courants trop forts). Au niveau des exigences minimales d'Environnement Canada, la qualité des études s'est améliorée en comparaison du cycle précédent. Neuf études menées en eau douce ont permis de capturer un minimum de 20 mâles et de 20 femelles des deux espèces sentinelles. Quinze études ont respecté les exigences minimales en ce qui concerne une seule des deux espèces sentinelles, c'est le cas des trois études réalisées en milieu marin. Six études ont réussi à capturer entre 11 et 19 individus mâles et femelles pour au moins une des deux espèces, tandis que six autres présentaient des problèmes méthodologiques importants ou montraient des effectifs très faibles (moins de dix poissons dans une ou deux zones pour une ou les deux espèces). Il est à noter que 26 études se situaient dans ces deux dernières catégories au cycle 1, et c'est là que réside la principale source d'amélioration du volet poisson des ESEE.

De nombreuses raisons ont été invoquées pour expliquer le non-respect des conditions minimales exigées. Parmi les problèmes rencontrés, on dénombre des pêches trop tardives, la capture de spécimens immatures uniquement, des conditions hydrologiques particulières, des milieux peu propices ou dégradés, des engins ou méthodes de pêche inadéquates, entre autres.

Au cycle 2, la grande majorité des études (25/36) ont adopté le plan d'échantillonnage contrôle-impact. Toutefois, certaines usines ont présenté des plans comprenant des subdivisions des zones exposées et de référence (rapprochée/éloignée) (trois études : La Baie (PP1561), New Richmond (PP1101) et Portage-du-Fort (PP1102)) ou ont retenu deux rivières servant de milieux récepteurs (trois études : Crabtree (PP1196), Lebel-sur-Quévillon (PP1147) et Lennoxville (PP1188)). Quelques études ont eu lieu sur deux années (trois études : Gatineau (PP1118), Masson (PP1153), Thurso (PP1086)), à différentes saisons (printemps et automne, une étude : Rivière-du-Loup (PP1138)) ou présentaient des combinaisons des paramètres précédents.

5.3.2 Effets observés chez les espèces sentinelles

5.3.2.1 Comparaison des variables par le biais des analyses statistiques

La presque totalité des études de poissons (33/36) ont comparé les résultats des zones d'exposition et de références par le biais d'analyses statistiques (annexe 7). Pour faire référence aux différents calculs, une « population » désigne une espèce d'un sexe donné. L'ensemble des 134 populations recensées et analysées inclut les informations de vingt-neuf études ayant réalisé des ANCOVA pour les deux espèces sentinelles de poissons (incluant les deux sexes) et quatre études qui ont réalisé les calculs pour au moins une des deux espèces en incluant les deux sexes le cas échéant. À l'instar du cycle 1, les résultats du cycle 2 montrent qu'il n'y a pas de différence significative entre la zone d'exposition et la zone de référence dans la majorité des comparaisons où des Ancova ont été réalisées. Le poids relatif du foie est le paramètre qui montre le plus haut taux de réponses avec près de 50 % de différences statistiquement significatives (tableau 8).

Tableau 8 Résumé des effets sur les poissons (différences statistiquement significatives entre les zone de référence et d'exposition) pour toutes les populations de poissons.

Paramètres	Nombre de populations de poissons (1 ou 2 espèces, 2 sexes, toutes les fabriques)						
	Longueur selon âge	Poids selon âge	Poids selon longueur	Âge	Poids foie selon longueur et poids	Poids gonades selon longueur et poids	Fécondité selon longueur et poids
Différences significatives	28	34	36	26	54	38	12
Aucune différence entre les 2 zones	51	45	77	70	56	71	31
Aucune analyse statistique	55	55	21	38	24	25	21
Effectif (Nombre total de populations)*	134	134	134	134	134	134	64

* nombre de populations pour les 33 études de poissons où une ANCOVA a été réalisée

Dans les cas où des différences significatives existent entre la zone exposée et la zone de référence, on remarque que pour l'âge et les couples de variables longueur-âge, poids corporel-âge, poids corporel-longueur et poids du foie-longueur ou poids corporel, les relations présentant une valeur supérieure en zone exposée représentent en général plus de 65 % des relations significatives (figure 10). La relation poids des gonades-longueur ou poids corporel présente des informations différentes soit, les valeurs moindres en zone d'exposition étant légèrement plus nombreuses et contribuant pour 61 % au nombre de relations significatives. L'analyse des résultats en fonction du sexe ne change pas l'interprétation, les mâles et femelles présentent des patrons semblables entre eux et avec le patron général déjà énoncé. En ce qui concerne la relation fécondité-longueur ou poids corporel, le nombre de relations avec des valeurs supérieures en zone exposée correspond au nombre de relations avec des valeurs moins élevées. Il est à noter qu'aucune relation significative n'a été rapportée au cycle 2 pour les relations suivantes : poids du foie, poids des gonades et fécondité selon l'âge.

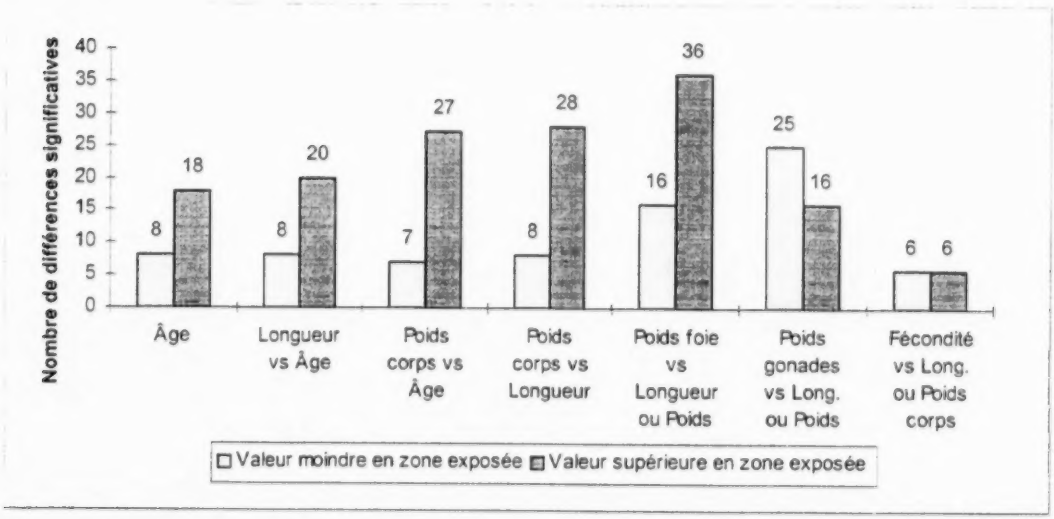


Figure 10 Effets sur les paramètres mesurés sur les poissons lorsque des différences significatives sont observées entre les zones d'exposition et de référence

L'analyse des comparaisons pour les populations de poissons immatures n'apporte pas d'informations supplémentaires, seules les variables du poids relatif à la longueur et du poids du foie relatif présentent des différences statistiquement significatives pour 3 populations de poissons immatures sur 7. De plus, les réponses des immatures sont toujours cohérentes avec les réponses observées chez les adultes des mêmes espèces. Ce type d'analyse pourrait cependant s'avérer utile dans les cas où aucun poisson adulte n'était capturé.

Le patron général observé au cycle 2 est légèrement différent de celui observé au cycle 1 (Langlois et Dubuc, 1999). Les relations morphologiques longueur-âge, poids corporel-âge et poids corporel-longueur, ainsi que l'âge dont les valeurs étaient supérieures en zone exposée variaient de 33 à 58 % du nombre total de comparaisons significatives au cycle 1 tandis qu'elles s'étalent de 70 à 79 % au cycle 2. De plus, les valeurs supérieures en zone exposée sont plus nombreuses pour tous les paramètres. Les relations poids du foie en fonction de la longueur ou du poids corporel ont peu varié, les valeurs supérieures en zone d'exposition représentant environ 67 % aux deux cycles. Les relations poids des gonades selon la longueur ou le poids corporel, et la fécondité en fonction de la longueur ou du poids corporel montrent une certaine hausse dans le nombre de relations supérieures en zone d'exposition au cycle 2, par rapport au cycle 1. Cet accroissement général des valeurs supérieures en zone exposée au cycle 2 qui pourrait à première vue suggérer un impact plus important des papetières n'est peut-être que le reflet d'une plus grande fréquentation des zones exposées par les poissons au cycle 2. En effet, plusieurs espèces de poissons qui étaient absentes dans la zone exposée de 7 fabriques au cycle 1, sont de retour dans ces mêmes zones exposées au cycle 2. On pourrait aussi expliquer ce phénomène par une augmentation de la survie des poissons en zone exposée.

L'influence du type d'espèces sentinelles sur le genre de réponses peut être examinée dans un premier temps par l'étude des relations morphologiques chez chacune des familles de poissons. Le tableau 9 inclut les données provenant des études ayant présenté des ANCOVA et qui concernent les familles de poissons les plus couramment utilisées. Dans un but de simplification, les résultats non significatifs et les cas où les données étaient insuffisantes ont été regroupés en employant le « 0 ». Les données détaillées pour toutes les espèce sont présentées à l'annexe 7. Les catostomidés (meunier noir et meunier rouge), vu le nombre important de relations étudiées, impriment leur marque au niveau des analyses globales car leur patron correspond bien avec le patron général.

Tableau 9 Résumé des ANOVA sur l'âge et des ANCOVA sur les paramètres morphologiques : nombre de différences significatives entre la zone d'exposition et de référence pour les principales famille de poissons.

Famille	Âge		Longueur/ Âge		Poids/ Âge		Poids/ Longueur		Poids foie/ Longueur		Poids foie/ Poids corps		Poids gonade/ Longueur		Poids gonade/ Poids corps		Fécondité/ Longueur		Fécondité/ Poids corps		Nombre de comparaisons significatives	Nombre de comparaisons totales	Proportion de relations significatives
(espèces)	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+			
Catostomidés (2)	4	12	4	12	3	15	4	16	6	16	6	16	6	4	14	3	4	1	4	2	152	380	40
Percidés (4)	1	2	1	1	1	3	2	4	1	3	2	4	2	3	1	3	1	0	1	0	36	178	20.2
Cyprinidés (4)	0	2	0	3	0	2	0	4	0	4	2	5	2	0	2	0	0	2	0	2	30	87	34.5
Totaux	5	16	5	16	4	20	6	24	7	23	10	25	10	7	17	6	5	3	5	4	218	645	33.8

Légende; +: Zone exposition > Zone référence, -: Zone exposition < Zone référence
Note 1; Aucune relation Poids foie-Âge, Poids gonades-Âge ou Fécondité-Âge rapportée significative au cycle 2, elles ont été omises du tableau.
Note 2; pour simplifier, le "0" inclut "ns" et "na".

En excluant les catostomidés, les différences significatives négatives et positives s'amenuisent ou sont du même ordre de grandeur pour les autres familles. Les percidés (perchaude, fouille-roche zébré, dard tesselé et raseux-de-terre noir) se démarquent par le plus faible nombre relatif de comparaisons significatives, soit seulement 20 %. Les cyprinidés présentent un nombre relatif de relations significatives (34 %) intermédiaire à celui des deux familles précédentes. L'utilisation d'une espèce sentinelle donnée pourrait donc avoir une influence sur le nombre d'effets observés.

Des comparaisons ont aussi été réalisées pour les invertébrés marins par les fabriques de Abitibi-Consolidated à Baie-Comeau (PP1088) et à La Baie (PP1561) ainsi que l'usine de Spruce Falls à Matane (PP1201) (tableau 10) pour un total de cinq populations d'invertébrés marins. Ces données ne sont cependant pas comparables à celles des poissons. Pour la moule bleue et le bivalve *Macoma balthica*, soit deux des trois organismes étudiés, il semble que la calcification des coquilles en fonction du volume interne soit moindre dans la zone d'exposition. Ceci contribue à la hausse des paramètres du poids des chairs en fonction du poids de la coquille ou du volume interne. Les femelles du buccin commun présentent également un ratio de production de chair selon le poids de la coquille plus élevé en zone exposée. Malgré le fait que l'analyse morphologique de ces organismes soit très sommaire, des effets de l'eutrophisation semblent transparaître aux deux sites marins où des invertébrés ont été analysés.

5.3.2.2 Caractérisation de la réponse

À la section précédente, les signes des écarts significatifs ont été considérés de manière indépendante pour chaque couple de variables et l'approche privilégiée cherche à intégrer de façon synthétique les éléments considérés de manière individuelle. Dans la suite du document, les paramètres de même catégorie ont été regroupés afin d'analyser les données disponibles sous un autre angle avec un niveau plus grand d'intégration. Le même cadre comparatif de l'ANCOVA a servi à développer la méthodologie et les données des mêmes 33 études ont été examinées.

Tableau 10 Résumé des ANCOVA : relations morphométriques des invertébrés marins (Différence en % : Zone d'exposition - Zone de référence).

Nom des fabriques	Localité	Nom commun	Sexe	Nombre Exposition	Nombre Référence	Longueur/ Âge	Poids/ Âge	Poids chair/ Volume interne	Poids chair/ Poids coquille	Poids coquille/ Volume interne	Nombre de comparaisons significatives	Nombre de comparaisons totales
Compagnie Abitibi-Consolidated du Canada (PP1088)	Baie-Comeau	Moule bleue	h	88-90	89-90	ns	ns	12,3	ns	-11,8	2	5
Compagnie Abitibi-Consolidated du Canada (PP1561)	La Baie	Macoma	h	40-46	73-75	na	na	ns	18,4	-14	2	3
		Buccin commun	m	12	17-18	na	na	ns	na	ns	0	2
		Buccin commun	f	28	20	na	na	ns	39,6	ns	1	3
Spruce Falls inc. (PP1201)	Matane	Moule bleue	h	61	70	na	na	na	na	-17.2	1	1

Légende: f:Femelle, h: Hermaphrodite, m: Mâle, na: Non applicable, ns: Non significatif, +: Zone exposition > Zone référence, -: Zone exposition < Zone référence

Afin de caractériser la réponse, les relations morphométriques étudiées ont d'abord été classées en trois groupes. Les couples longueur-âge, poids corporel-âge et poids corporel-longueur ont été groupés sous le terme « somatique (S) ». Les relations poids du foie-longueur et poids du foie-poids corporel réunis sous le terme « hépatique (H) ». Les couples poids des gonades-longueur, poids des gonades-poids corporel, fécondité-longueur et fécondité-poids corporel ont été associés sous le terme « reproducteur (R) ». La redondance partielle des relations a été mise à profit pour vérifier le degré de concordance des résultats statistiques et pour attribuer des signes à chaque groupe. Pour assurer une continuité avec la section précédente, nous avons considéré toutes les relations significatives peu importe l'ordre de grandeur des différences observées (tableau 9).

Lorsque dans un groupe donné, les relations montraient une différence allant dans le même sens, soit une valeur plus grande (+) ou inférieure (-) en zone d'exposition, des calculs non significatifs (ns ; 0) ou que la méthodologie n'était pas applicable (na), on attribuait alors au groupe le symbole des relations respectives. Lorsque des combinaisons diverses se présentaient au sein d'un groupe, nous avons attribué les signes suivants :

1) A (pour antagonique) aux rares cas où le sens des divers couples de relations divergeaient (« + » et « - » à la fois);
2) + ou - selon les cas incluant des combinaisons de + ou -, accompagnés de ns et/ou na ;
3) 0 lorsqu'au moins un ns se présentait en combinaison avec na.

Une approche descriptive a été adoptée pour la caractérisation des réponses des trois groupes. Globalement, aux réponses présentant des groupes avec des signes allant dans le même sens (« + », « - », « 0 ») accompagnés ou non de « 0 » ou « na », on a attribué les noms « positive » (S^+, H^+, R^+), « négative » (S^-, H^-, R^-) et « aucune réponse » (S^0, H^0, R^0). L'attribut « mixte » a été employé lorsque les « + » et « - » s'affichaient parallèlement dans les groupes, accompagnés ou non de « 0 » ou « na » (i.e. S^*, H^-, R^-) ; dans le cas d'une réponse mixte du type de celle globalement observée au cycle 2 dans l'ensemble du pays, soit une augmentation du poids du foie et de la taille des poissons et une diminution du poids des gonades, il s'agit de la catégorie « mixte $S^+H^+R^-$». La catégorie « indéterminée » a été employée lorsque tous les groupes affichaient la mention « na ». Les réponses globales pour chaque population de poissons sont détaillées à l'annexe 8.

5.3.2.3 *Réponses observées chez les populations de poissons du Québec*

Une grande gamme de réponses a été observée chez les espèces sentinelles de poissons d'eau douce et marines étudiées. Si on considère l'ensemble des usines ayant présenté une ANCOVA, indépendamment de la qualité des données, on obtient pour les 134 populations: 27 % des populations n'ayant présenté aucune réponse, 34 % montrant une réponse positive, 19 % affichant une réponse négative, 12 % une réponse mixte dont 5 % était du type $S^{+}H^{+}R^{-}$, et 8 % d'indéterminées (tableau 11). Ce qui signifie que 65 % des populations présentent un effet quelconque au niveau d'au moins un des paramètres mesurés. Il est à noter qu'au plan national, parmi les études retenues en fonction du respect des exigences minimales formulées par Environnement Canada, la grande majorité présentent des effets chez les poissons pour au moins un des paramètres examinés (Munkittrick *et al.* 2002).

Tableau 11 Types de réponses globales des principales familles de poissons d'eau douce, sexes séparés.

Famille (espèces)	Aucune réponse	Positive	Négative	Mixte	Mixte $S^{+}H^{+}R^{-}$	Indéterminé	Total
Catostomidés (2)	16	18	15	2	5	4	60
Percidés (4)	12	10	2	3	0	3	30
Cyprinidés (4)	4	8	1	2	1	2	18
Autres (8)	4	9	7	3	1	2	26
Total	36	45	25	10	7	11	134

Vu la diversité importante considérée, il semble approprié d'examiner le degré de variabilité des réponses en fonction des familles de poissons et des espèces sentinelles retenues (tableau 11). La fréquence d'observation d'au moins un effet varie tout d'abord selon la famille de poissons, elle est de 67 % chez les cyprinidés et les catostomidés et de 50 % pour les percidés (tableau 11). De nombreux types de réponses ont été observés, en accord avec la diversité des espèces sentinelles utilisées, les différents procédés industriels en emploi et les caractéristiques particulières des sites d'étude. Toutefois, des réponses plus caractéristiques ont été observées chez certaines familles exclusivement.

Les percidés (perchaude et raseux-de-terre noir principalement) sont responsables de près de la moitié des réponses nulles, d'un peu moins d'un quart des réponses positives, de 12 % des relations négatives et mixtes groupées, bien qu'ils représentent 23 % de l'ensemble des populations (tableau 11). Cette famille semble profiter des efforts de dépollution plus rapidement, pourrait être moins affectée que les autres, ou encore représenterait une famille constituée d'espèces sentinelles inadéquates. En Saskatchewan, Swanson *et al.* (1996) n'ont pu mettre en évidence aucune différence significative (indices gonadosomatiques, hépatosomatiques, paramètres de croissance et induction enzymatique) entre deux populations de doré jaune (*Stizostedion vitreum*), dont une était soumise aux effluents d'une papetière. À l'opposé, grâce aux données nationales des ESEE au cycle 2, la perchaude (*Perca flavescens*) a montré des symptômes semblables à ceux observés chez les poissons en situation de ressources alimentaires limitées (i.e. poids relatifs du foie et des gonades réduits). Au sein du groupe des percidés, les espèces affichent différentes stratégies reproductrices (i.e. la perchaude disperse ses œufs tandis que le raseux-de-terre noir (*Etheostoma nigrum*) garde le nid) et occupent différents niveaux trophiques (Scott et Crossman 1974). L'utilisation des percidés à titre d'espèces sentinelles pourrait donc poser des difficultés d'interprétation des résultats.

La famille des catostomidés (meunier noir et meunier rouge) présente des nombres équivalents de chacune des réponses, et contribue pour 44 % des réponses nulles, 40 % des réponses positives, 60 % des réponses négatives et 44 % des réponses mixtes totales, en correspondance avec son pourcentage (45 %) du nombre total de sous-populations considérées (tableau 11). La réponse négative de type S^-, H^-, R^- n'a été observée que pour le meunier noir (3 sous-populations), tandis que la réponse classique de type S^+, H^+, R^- , identifiée chez le meunier noir (Munkittrick *et al.* 1991 ; Munkittrick *et al.* 1994), n'a pu être associée qu'au meunier rouge (3 sous-populations). Une réponse positive (S^+, H^+, R^+) est également affichée par quatre sous-populations de meunier noir, signalant une adaptabilité aux milieux enrichis et pollués. La diversité des réponses observées chez les catostomidés confirme tout de même que la sélection de ces poissons, le plus souvent privilégiés comme espèces sentinelles, est très appropriée pour caractériser les effets de la contamination des cours d'eau.

Malgré le peu d'observations chez les centrarchidés (achigan à petite bouche et crapet de roche) (annexe 8), la fréquence de réponses surprend car on ne les considère pas comme des espèces sentinelles appropriées. Ce groupe se distingue par ses moeurs reproductrices (gardiens, gros œufs et stratégie de type K) et par un niveau trophique élevé (prédateurs omnivores à forte composante piscivore) (Scott et Crossman 1974 ; Winemiller et Rose 1992). Borton *et al.* (1996) ont mené des expériences d'exposition à un effluent d'usine Kraft pendant 263 jours chez l'achigan à grande bouche (*Micropterus salmoides*) et le crapet arlequin (*Lepomis macrochirus*). Les juvéniles de ces deux espèces maintenus dans les ruisseaux expérimentaux présentaient des différences significatives des paramètres de croissance, morphologiques et de reproduction en relation aux groupes de contrôle. Les centrarchidés pourraient peut-être s'avérer des poissons utiles pour l'étude des effets induits par les effluents.

Outre l'impact de l'effluent, les variables somatiques (S) peuvent être influencées par les changements dans la structure de taille et d'âge de la population, les conditions environnementales, d'autres sources de pollution, la disponibilité des ressources alimentaires et les interactions avec les autres espèces de poissons ou d'organismes ou par l'échantillonnage (Gagnon *et al.* 1995 ; Munkittrick et McMaster 2000 ; Swanson *et al.* 1996). La variable hépatique (H) peut être interprétée de différentes façons; le foie sert simultanément à emmagasiner des réserves de glycogène, il fabrique des enzymes digestives, il s'agit d'un organe important de détoxification, de synthèse d'éléments sanguins et de recyclage de certains déchets métaboliques. La complexité de son fonctionnement est difficile à mettre en relation avec un seul facteur (Gibbons et Munkittrick 1994 ; Munkittrick *et al.* 1994 ; Munkittrick *et al.* 2000). Les paramètres reproducteurs (R) peuvent aussi varier en fonction de chaque individu (une meilleure caractérisation du stade de maturité est souhaitée), du cycle vital, des stratégies et tactiques reproductrices présentées, de la période d'échantillonnage en fonction de la saison de reproduction et des facteurs environnementaux (Gagnon *et al.* 1995 ; Sandström 1996 ; Munkittrick et McMaster 2000 ; Munkittrick *et al.* 2000). L'annexe 8 présente plus en détail les types de réponses observées. Les études du cycle 3 permettront de vérifier l'utilité de ce type de classification de réponses et de mettre à jour toute variabilité temporelle.

5.3.2.4 *Comparaison des réponses entre les deux premiers cycles*

Le cycle 1 a permis de valider les protocoles d'étude, de déterminer la variabilité des paramètres mesurés, de définir la taille des échantillons nécessaires et d'évaluer de façon très préliminaire les effets des effluents sur les espèces ciblées (Langlois et Dubuc, 1999). En considérant les résultats les plus fiables et dont les effectifs sont supérieurs ou égaux à 20 individus dans chacune des zones aux deux cycles, il est possible de comparer les réponses à 11 fabriques (tableau 12). Il est difficile de se prononcer sur la représentativité des usines retenues, ainsi que sur le portrait qui en résulte, mais il s'agit d'une approche préliminaire qui pourra orienter le cadre comparatif futur. Afin de pouvoir comparer, nous avons appliqué la même classification des réponses aux données du cycle 1 présentées par Langlois et Dubuc (1999).

Parmi les onze usines qui ont utilisé les mêmes espèces aux deux cycles, six présentaient des résultats pour les deux sexes, tandis que cinq fournissaient des résultats pour l'un ou l'autre des sexes. Seulement quatre espèces ont fait l'objet de suivi sur les deux premiers cycles; le meunier noir, le meunier rouge, la barbotte brune et la perchaude (tableau 12). Les poissons des usines d'Amos (PP1184), Donnaconna (PP1092) et Windsor (PP1148) ne présentaient aucune réponse au cycle 1 (Langlois et Dubuc, 1999) mais affichaient de nombreux effets au cycle 2. Dans les autres cas on assiste au statu quo (East-Angus (PP1117) et Shawinigan (PP1135)), à l'apparition de nouveaux effets (Beaupré (PP1091) et Saint-Félicien (PP1106)), à la diminution ou disparition des effets (Saint-Antonin (PP1182), Saint-Jérôme (PP1198) et Thurso (PP1086)) ou à l'impossibilité de comparer (Cabano (PP1114)). Dans l'ensemble les informations sont insuffisantes pour poser un diagnostic général, seules trois fabriques semblent montrer une amélioration des conditions entre les cycles 1 et 2.

De nombreux changements sont survenus entre les cycles qui peuvent jouer un rôle dans l'interprétation de ces résultats. Parmi les onze fabriques retenues, trois études ont eu lieu au cycle 1 avant que les traitements secondaires ne soient opérationnels, et étaient soumis à un effluent traité au niveau primaire seulement. Des modifications aux protocoles ont été apportées, les zones de référence et d'exposition ont changé et dans d'autres cas l'échantillonnage a eu lieu à des dates différentes ou les périodes de pêche étaient séparées par plus de trois semaines (tableau 12). Suite à l'installation de systèmes de traitement secondaire pour améliorer les effluents, les effets bénéfiques se font attendre sur les espèces sentinelles étudiées. Cependant, l'amélioration des milieux récepteurs est récente et les prochains cycles pourront nous éclairer sur l'incidence de ces changements sur l'état de santé des poissons. À titre d'exemple en considérant l'âge moyen des meuniers noirs échantillonnés au cycle 2 (environ 6 ans), il est probable que les mêmes cohortes soient échantillonnées à nouveau aux cycles suivants puisque cette espèce peut vivre plus de vingt ans.

Tableau 12 Comparaison des réponses chez les espèces sentinelles de poissons entre le cycle 1 et le cycle 2 (effectifs ≥ 20).

Nom des fabriques	Localité	Espèces Sentinelles	Sexe	Réponse observée au Cycle 1	Réponse observée au Cycle 2	Traitement secondaire actif au C1	Changements apportés aux protocoles entre les cycles	Durée de l'échantillonnage au cycle 1 (jours)	Durée de l'échantillonnage au cycle 2 (jours)
Compagnie Abitibi-Consolidated du Canada (PP1184)	Amos	Barbotte brune	m	S^0, H^0, R^0	S^+, H^+, R^+	oui	Zone de référence	6	6
		Barbotte brune	f	S^0, H^0, R^0	S^0, H^+, R^0		Relocalisée à 11 km en amont		
Compagnie Abitibi-Consolidated du Canada (PP1091)	Beaupré	Meunier rouge	f	S^-, H^0, R^0	S^-, H^-, R^0	oui	Aucun	4	29
Norampac inc. (PP1114)	Cabano	Meunier noir	f	S^0, H^+, R^+	S^+, H^{na}, R^0	oui	Nouvelle zone exp. échant.	7	6
Bowater Produits forestiers du Canada inc. (PP1092)	Donnaconna	Meunier rouge	m	S^0, H^0, R^0	S^+, H^+, R^-	oui	Zone de référence	6	15
		Meunier rouge	f	S^0, H^0, R^0	S^0, H^0, R^-		Relocalisée à 10 km en amont		
Cascades East-Angus inc., Division Cartech, Paperboard Industries Corp. (PP1117)	East-Angus	Meunier noir	f	S^+, H^+, R^+	S^+, H^+, R^+	oui	Aucun	5	23
Compagnie Abitibi-Consolidated du Canada (PP1135)	Shawinigan	Meunier noir	m	S^-, H^0, R^-	S^-, H^+, R^-	non	Nouvelle zone de référence	6	8
		Meunier noir	f	S^-, H^-, R^-	S^-, H^0, R^-		Échantillonnée		
Pâte Mohawk ltée (PP1182)	St-Antonin	Meunier noir	m	S^-, H^-, R^-	S^0, H^0, R^0	na	Aucun	7	5
SFK Pâte S.E.N.C (PP1106)	St-Félicien	Barbotte brune	m	S^0, H^{na}, R^{na}	S^-, H^-, R^0	oui	Nouvelle zone de référence	9	16
		Barbotte brune	f	S^0, H^{na}, R^{na}	S^{na}, H^-, R^0		Échantillonnée		
Cascades Groupe Papiers Fins inc. (PP1198)	St-Jérôme	Meunier noir	m	S^+, H^+, R^0	S^0, H^0, R^0	non	Aucun	4	4
Papiers Fraser Nexfor (PP1086)	Thurso	Perchaude	m	S^A, H^+, R^0	S^-, H^+, R^0	non	Nouvelle zone de référence	3	15
		Perchaude	f	S^-, H^0, R^0	S^0, H^0, R^0		Échantillonnée		
Domtar Inc. (PP1148)	Windsor	Meunier noir	m	S^0, H^0, R^0	S^-, H^0, R^-	oui	Aucun	8	15
		Meunier noir	f	S^0, H^0, R^0	S^0, H^0, R^0				

Légende: f: Femelle, m: Mâle

5.4 *Résultats des études de recherche*

Des projets de recherche ont été menés par six fabriques pour répondre à des questions spécifiques concernant l'utilité des bioindicateurs ou pour comparer d'autres approches à celle des ESEE. Ces projets concernaient quatre espèces (meunier noir, perchaude, raseux-de-terre noir et dard tesselé) dans deux systèmes hydrographiques (rivières des Outaouais et Saint-François). À Gatineau (PP1118), Masson-Anger (PP1153) et Thurso (PP1086), les études ont été réalisées indépendamment l'une de l'autre et présentaient des conclusions séparées (McMaster *et al.*, 2000b ; McMaster et Munkittrick, 2000 ; McMaster *et al.*, 2000a). À Bromptonville (PP1131), East-Angus (PP1117) et Windsor (PP1148), des études séparées ont été menées mais des analyses et des conclusions générales ont été présentées pour la rivière Saint-François (Kovacs *et al.*, 2001). Pour les deux systèmes, les analyses morphologiques usuelles des ESEE ont été complétées conjointement avec la mesure des hormones sexuelles et des oxydases à fonctions multiples (OFM) hépatiques. Dans la rivière Saint-François, l'utilité d'un indicateur de l'état de santé a été évaluée, et l'approche ESEE basée sur les espèces sentinelles a été comparée à l'étude des communautés ichtyologiques.

En ce qui concerne la mesure des paramètres biochimiques chez les poissons, les projets de recherche ont fourni peu d'informations utiles au programme ESEE (tableau 13). Même si des résultats ont été obtenus à différents endroits pour une hormone ou une enzyme donnée, les différences méthodologiques ne permettent pas de comparaison directe. Il n'est pas possible de se prononcer sur des différences entre les sexes ou sur la variabilité temporelle et spatiale de toutes les données, ni sur le sens global des écarts observés. Le résultat le plus surprenant concerne l'activité hépatique dans le bassin de la rivière Saint-François, qui montre que lorsqu'une différence significative est constatée, les résultats indiquant l'induction enzymatique sont inférieurs en zone d'exposition. Entre 1994-1995 et 1998, les quelques relations significatives observées à une station donnée concernant l'activité hépatique se sont estompées dans ce même bassin. Les informations ne sont pas en accord avec les recherches antérieures montrant une augmentation de l'activité hépatique sous l'influence des rejets des papetières.

Tableau 13 Différence (%) entre les poissons de la zone d'exposition et de référence pour la production de stéroides et de l'activité des enzymes hépatiques.

Nom des fabriques	Localité	Année et auteurs de l'étude	Espèces Sentinelles	Sexe	11 Ketotestostérone	Testostérone	17B Estradiol	Activité hépatique OFM (EROD)
Kruger inc. (PP1131)	Bromptonville	1995, Étude Kovacs *et al.* 2001	Meunier noir	m	non mesuré	ns	non mesuré	-56,1
			Meunier noir	f	non mesuré	ns	ns	-60,8
		1998, Étude Kovacs *et al.* 2001	Meunier noir	m	non mesuré	ns	non mesuré	ns
			Meunier noir	f	non mesuré	ns	22,5	ns
Cascades East-Angus inc., Division Cartech, Paperboard Industries Corp. (PP1117)	East-Angus	1998, Étude Kovacs *et al.* 2001	Meunier noir	m	non mesuré	27,9	non mesuré	ns
			Meunier noir	f	non mesuré	46,3	42,3	ns
Domtar Inc. (PP1148)	Windsor	1994, Étude Kovacs *et al.* 2001	Meunier noir	m	non mesuré	ns	non mesuré	ns
			Meunier noir	f	non mesuré	40,4	37,2	-35,6
		1998, Étude Kovacs *et al.* 2001	Meunier noir	m	non mesuré	ns	non mesuré	ns
			Meunier noir	f	non mesuré	ns	ns	ns
Bowater Produits forestiers du Canada inc. (PP1118)	Gatineau	1998: Étude McMaster *et al.*, 2000b	Perchaude	m	ns	ns	non mesuré	ns
			Perchaude	f	non mesuré	ns	ns	ns
			Raseux-de-terre noir*	m	-57	ns	non mesuré	non mesuré
			Raseux-de-terre noir*	f	non mesuré	-44	ns	non mesuré
Papier Masson ltée (PP1153)	Masson-Anger	1997: Étude McMaster et Munkittrick, 2000	Perchaude	m	-54,2	non mesuré	non mesuré	ns
			Perchaude	f	non mesuré	non mesuré	-49,4	-45,6
			Raseux-de-terre noir*	f	non mesuré	34,6	53,3	ns
		1998: Étude McMaster et Munkittrick, 2000	Perchaude	f	non mesuré	ns	ns	non mesuré
Papiers Fraser Nexfor (PP1086)	Thurso	1997: Étude McMaster *et al.*, 2000a	Perchaude	m	ns	ns	non mesuré	ns
			Perchaude	f	non mesuré	ns	ns	ns
			Raseux-de-terre noir*	m	ns	-	non mesuré	non mesuré
			Raseux-de-terre noir*	f	non mesuré	ns	ns	non mesuré

Légende; ns: non significatif, -: inférieur dans la zone d'exposition, +: supérieur dans la zone d'exposition, m: mâle, f: femelle, OFM: Oxydase à fonction multiple, EROD: Éthoxyrésorufine-o-déséthylase, *: Peut inclure *E. olmstedi.*

Note 1; Des tests de Kruskal-Wallis ou Mann-Whitney ont été utilisés pour détecter les différences significatives.

Note 2; Aucune des études citées ci-haut n'a rapporté le nombre de spécimens mâles et femelles utilisés dans les essais.

Pour la testostérone et le 17ß-estradiol mesurés dans le plasma sanguin chez le meunier noir, on constate la disparition des différences significatives à Windsor alors qu'à Bromptonville, on observe l'inverse. Les résultats de stéroïdes ne sont pas toujours en accord avec les résultats des ESEE. À titre d'exemple, les meuniers femelles de la zone d'exposition à Bromptonville présentent des gonades et une fécondité réduites par rapport à la zone de référence alors que l'activité hormonale y semble supérieure. Dans la rivière des Outaouais, les résultats d'activités hormonales ou enzymatiques ne semblent pas liés à ce qui a été observé dans les études de suivi. Il semble donc que ces indicateurs ne soient pas facilement utilisables dans le cadre du programme ESEE et il faut prévoir plus d'études-pilotes au cours des prochains cycles avant qu'ils puissent être incorporés parmi les paramètres de mesure usuels pour une ESEE.

Un indice d'évaluation de l'état de santé (HAI) a été utilisé pour comparer les populations de la zone d'exposition et de référence des trois fabriques de la rivière Saint-François (Kovacs *et al.* 2001). Le protocole de Adams *et al.* (1993) a été utilisé, mais en plus de l'examen externe et interne, d'autres observations et une analyse des paramètres sanguins ont été intégrés dans le calcul des métriques. Le HAI est défini par rapport à l'écart aux valeurs moyennes et un indice faible est celui qui se rapproche le plus d'un état de santé normal. En 1998, l'échantillonnage a été réalisé aux trois fabriques et les données des deux sexes ont été groupées. Le meunier noir, pêché aux trois sites, présentait un HAI significativement plus élevé en zone exposée à East-Angus et Bromptonville. Si on compare ces résultats à ceux des ESEE pour la même espèce au cycle 2, on remarque qu'à Bromptonville, les gonades et la fécondité étaient inférieures en zone exposée et à East Angus le foie et le poids corporel des meuniers étaient plus importants en zone exposée. L'achigan à petite bouche, échantillonné à Windsor uniquement, présentait un meilleur état de santé que le meunier noir mais les valeurs de l'indice ne différaient pas statistiquement entre la zone exposée et de référence ce qui s'accorde sensiblement avec les résultats des ESEE. Étonnamment pour le dard tesselé, retenu comme espèce sentinelle à East-Angus et Bromptonville seulement, les stations exposées présentaient un HAI plus près de la normale que les stations de référence. Ce résultat peut s'accorder avec ceux de l'étude de suivi de Bromptonville. Toutefois à East Angus, les gonades, le foie et le poids des dards étaient plus élevés dans la zone exposée. Une comparaison temporelle n'est possible que pour le meunier noir, échantillonné en 1995 et 1998 à Bromptonville.

Aucun écart significatif n'a été observé dans la zone d'exposition entre les deux périodes mais l'indice a diminué à la station de référence. Des niveaux de sensibilité distincts entre les espèces sentinelles choisies et l'intégration d'un nombre inférieur de paramètres dans le calcul du HAI du dard tesselé peuvent poser des problèmes d'interprétation. Malgré toutes les différences observées, il a été possible d'établir quelques liens avec les résultats des ESEE et les effluents des papetières.

Un indice d'intégrité biotique (IIB) a été calculé pour la rivière Saint-François à partir des recensements effectués par pêche électrique standardisée en 1998. Cette approche suit la méthodologie développée par Karr (1981) pour l'étude des communautés ichtyologiques dans les petits cours d'eau des États-Unis. Une comparaison temporelle a été possible par la répétition du protocole de Richard (1996) pour cette même rivière ou deux tronçons de 500 m sur chaque rive ont été pêchés en 1991 à chaque station. À East-Angus et Bromptonville, l'IIB est passé de « pauvre » en 1991 à « bon » pour 1998, tandis que pour Windsor il passait de « moyen » à « bon » pour la même période. Les résultats appuient une amélioration de la structure de la communauté aux trois sites selon les métriques définies pour le calcul de l'indice, toutefois ces résultats pourraient aussi être reliés à l'amélioration générale de la qualité des eaux dans ce bassin. L'accroissement de la diversité spécifique de la communauté et du nombre d'espèces sensibles à la pollution dans le milieu récepteur entre 1991 et 1998 sont des informations qui ne sont pas étudiées lors d'une ESEE. Cependant, le meunier noir, l'espèce sentinelle retenue aux trois fabriques, n'indique aucune amélioration du milieu (voir tableau 12). Ce constat, fourni par les deux approches, souligne les difficultés d'extrapoler les résultats morphométriques obtenus sur une ou deux espèces à l'ensemble de la communauté ichtyenne.

5.5 Traceurs chimiques d'exposition

La mesure d'un traceur d'exposition est utile lorsque les poissons peuvent circuler librement entre les zones d'exposition et de référence et qu'aucun obstacle n'entrave les déplacements. L'exposition des poissons aux rejets des papetières devait être confirmée par l'analyse des acides résiniques lorsque les concentrations de ceux-ci atteignaient 50 µg/l dans l'effluent. Trois échantillons composites de bile ont été utilisés pour chacune des zones, incluant chacun entre trois et neuf poissons.

Seulement cinq usines ont dû réaliser la mesure des concentrations d'acides résiniques dans l'effluent, dans l'eau du milieu récepteur, de la zone de référence et dans la bile d'une espèce sentinelle (tableau 14). Les concentrations des acides résiniques totaux variaient de 50 à 157 µg/l dans les effluents considérés. Ils n'ont pas été détectés dans l'eau des zones d'exposition et ont été mesurés à faible concentration à un seul site dans l'eau de la zone de référence. Ceux-ci étaient probablement d'origine naturelle. Rappelons que le bois en décomposition peut être une source importante d'acides résiniques (Plam et al., 1995). Les concentrations moyennes dans la bile des poissons de la zone d'exposition sont plus élevées à trois des cinq sites, pour une valeur variant de 10 à 87 µg/g comparativement à des valeurs de 0,3 et 1,5 µg/g pour les deux autres endroits. Ces résultats confirment donc que les poissons de la zone d'exposition sont bel et bien exposés au panache de l'effluent pour ces trois usines. Par ailleurs, plusieurs différences significatives ont été enregistrées entre les poissons des zones exposées et ceux des zones de référence de ces trois fabriques.

Malgré des effectifs beaucoup plus faibles au cycle 2, on peut constater une diminution importante des concentrations moyennes dans les effluents, l'eau de la zone d'exposition et la bile des poissons. Au cycle 1 (n=29), les concentrations moyennes étaient de 1047 µg/l dans l'effluent, 159 µg/l dans l'eau de la zone d'exposition, 57 µg/g dans la bile des poissons de la zone d'exposition et 10 µg/g dans ceux de la zone de référence (Langlois et Dubuc, 1999). L'installation de systèmes de traitement secondaire ayant été efficace pour réduire la concentration d'acides résiniques rejeté à l'effluent, entraînant une baisse de concentrations dans le milieu récepteur et la bile des poissons, il en résulte que très peu de fabriques peuvent maintenant utiliser ces substances comme traceurs.

Tableau 14 Concentrations en acides résiniques totaux dans l'eau de l'effluent, de la zone de référence et d'exposition, et dans la bile des espèces sentinelles de poissons.

Nom des fabriques	Localité	Nom commun	Eau de l'effluent (µg/L)	Eau de la zone de référence (µg/L)	Eau de la zone d'exposition (µg/L)	Concentration moyenne dans la bile des poissons de la zone de référence (µg/g)	Écart-type zone de référence (µg/g)	Concentration moyenne dans la bile des poissons Zone Exposition (µg/g)	Écart-type zone d'exposition (µg/g)
Bowater Produits forestiers du Canada inc.	Donnaconna	Meunier rouge	50,4	11,3	non détecté	0,36	0,22	0,33	0,12
Emballages Smurfit-Stone Canada inc.	La Tuque	Meunier noir	66,8	non détecté	non détecté	2,24	1,54	1,54	1,19
Pâte Mohawk ltée	St-Antonin	Meunier noir	112,3	non détecté	non détecté	6,97	9,56	14,20	4,95
SFK Pâte S.E.N.C.	St-Félicien	Barbotte brune	109,3	non détecté	non détecté	16,67	2,52	86,67	83,77
Tembec inc.	Témiscaming	Meunier noir	157	non détecté	non détecté	0,14	0,02	10,37	2,37
		Moyennes	99,16			5,28		22,62	

5.6 *Analyse des dioxines et furannes chlorés et des biphényles polychlorés dans les poissons*

L'utilisation du chlore élémentaire par une papetière aux fins du blanchiment doit être accompagnée de la surveillance des concentrations de dioxines et furannes chlorés dans la chair des poissons. Des normes de consommation humaine sont édictées par Santé Canada et correspondent à un maximum de 15 pg/g d'équivalents toxiques du congénère 2,3,7,8-TCDD dans la chair des poissons.

L'usine Emballages Smurfit-Stone située à Portage-du-Fort (PP1102) est la seule fabrique qui a dû évaluer les teneurs de dioxines et furannes dans la chair de poissons d'intérêt sportif en l'occurrence le doré jaune lors du cycle 2 comparativement à 9 usines au cycle 1. On a observé des niveaux de 0.006 pg/g d'équivalents toxiques pour les six échantillons composites de dorés jaunes femelles analysés dans la zone d'exposition, et de 0.002 et 0.014 pg/g d'équivalents toxiques pour les vingt échantillons des deux zones de référence (annexe 9). Ces concentrations sont donc en deçà des normes de 15 pg/g de Santé Canada. Au cycle 1, les valeurs d'équivalent toxique de 2,3,7,8TCDD étaient de 0.21 pg/g en zone de référence et 0.28 pg/g en zone exposée pour la barbue de rivière à Portage-du-Fort (Langlois et Dubuc, 1999). La modification des procédés et des systèmes de traitement des effluents au cours des années a résulté en une diminution très importante des rejets de dioxines et de furannes pour l'ensemble de l'industrie des pâtes et papiers (Luthe, 1996).

5.7 *Altération du poisson*

La procédure d'évaluation des caractéristiques organoleptiques (odeur, goût ou couleur anormale) du poisson touche directement aux aspects humains de l'utilisation des ressources. Elle n'est réalisée que si un certain nombre de conditions sont satisfaites : une plainte verbale ou écrite doit parvenir aux autorités responsables (le ministère de l'Environnement du Québec ou le ministère des Pêches et des Océans du Canada), la chair des poissons ne doit pas contenir des contaminants à un niveau supérieur à celui toléré pour la consommation humaine et une étude organoleptique (si elle existe) doit identifier un problème.

Seule l'usine Tembec à Témiscaming a dû mener une étude organoleptique portant sur l'altération du goût de la chair des dorés jaunes lors du cycle 2 au Québec. Une séance de recrutement d'une durée de 30 minutes a servi à constituer un panel initial de treize juges experts en aliments autres que le poisson. Trois séances de formation de 30 à 40 minutes ont permis la familiarisation aux stimuli du doré trouvé en poissonnerie et à la diminution du seuil de perception des arômes. Les quatre séances de qualification (15 minutes) ont permis d'évaluer la fiabilité individuelle des juges d'une séance à l'autre et de mesurer la variabilité entre les juges. Au cours de la qualification, les tests par différence au témoin (TDT) ont été employés en utilisant des échantillons témoins (T+R) et exposés à des concentrations variables d'effluent (E1%, E5% et E20%). Deux séances de formation additionnelles (30 minutes) ont eu lieu, identiques aux essais finaux, pour permettre aux juges de se familiariser davantage aux stimuli du doré.

La mesure de l'altération du doré jaune a pris place en trois séances (15 à 20 minutes) et tous les échantillons disponibles ont été utilisés. Les valeurs des tests ont été mesurées selon la différence par rapport au témoin (TDT) et l'analyse de variance (ANOVA) a été utilisée pour les comparaisons. Les résultats d'altération mettent en évidence une différence significative entre la saveur des dorés jaunes dans la zone d'exposition de la fabrique et celle des dorés pêchés dans la zone de référence. L'étude parle d'un « goût étranger au poisson et désagréable » pour les poissons capturés dans la zone de mélange de l'effluent. Les résultats du test de contraste (exposition-référence, α=0.05 et p=0.0469) sont significatifs, peu importe que l'on considère les sept juges présentant une meilleure performance au cours des essais, ou les treize juges du panel initial. (GDG CONSEIL INC., 2000).

6 Étude sur les communautés benthiques

6.1 Objectifs

L'étude des communautés benthiques a pour objectif de déterminer l'ampleur et l'étendue de la dégradation de l'habitat du poisson associée aux effluents des fabriques de pâtes et papiers et éventuellement, d'évaluer les impacts sur les ressources alimentaires (ou sur l'habitat) des poissons choisis comme espèces sentinelles dans l'étude des poissons (Environnement

Canada, 1998). La détermination d'effets s'effectue en évaluant si des différences structurelles (d'abondance, de richesse taxonomique, de diversité, de régularité) des communautés benthiques existent dans le milieu aquatique où se déversent les effluents de pâtes et papiers.

Suite au cycle 1, l'étude des communautés benthiques des cycles ultérieurs permettra de statuer sur l'amélioration ou la détérioration de l'habitat du poisson grâce aux comparaisons des résultats avec ceux du cycle précédent. Elle permettra aussi de déterminer la nécessité de raffiner le plan d'échantillonnage des cycles suivants ou d'adopter une stratégie alternative le cas échéant.

Les invertébrés benthiques sont généralement de bons indicateurs de la santé de l'habitat du poisson et des variations d'abondance ou de structure de communautés sont souvent des indices de perturbations causées par des contaminants, des stress anthropiques ou environnementaux. Les effluents papetiers peuvent avoir des impacts sur la diversité et l'abondances des invertébrés benthiques (Lowell *et al.*, 2003). Les effets potentiels des effluents de fabriques de pâtes et papiers sur la faune benthique comprennent l'enrichissement organique et en éléments nutritifs, l'inhibition causée par des toxiques et le recouvrement du substrat. À faible ou moyenne dose, l'enrichissement organique et un apport en élément nutritifs favorisent l'augmentation de l'abondance de plusieurs taxons (Pearson et Rosenberg, 1978; Lowell *et al.*, 1996; Culp *et al.*, 2000). Un enrichissement organique prononcé pourra contribuer à la réduction du nombre de taxons en affectant les organismes plus sensibles à l'eutrophisation. Un effet inhibiteur peut aussi être causé par certains constituants des effluents (Lowell *et al.*, 1996). L'enrichissement organique et la toxicité de certains effluents peuvent agir simultanément sur le milieu récepteur, un effet peut parfois en masquer un autre (Culp *et al.*, 2000). Un effluent toxique aura pour effet de réduire l'abondance et la richesse des organismes benthiques (Pearson et Rosenberg, 1978; Hellawell, 1986). Finalement, le rejet d'une abondante quantité de matières organiques peut entraîner le recouvrement du substrat et la dégradation de cette matière peut engendrer des conditions anoxiques qui auront le même genre d'effets qu'un effluent toxique (Pearson et Rosenberg, 1978; Bonsor *et al.*, 1988).

6.2 *Exigences et méthodes*

Les exigences fondamentales à considérer lors de l'élaboration d'une étude de benthos dans le cadre des ESEE comprennent la nécessité que la zone d'exposition à l'effluent de la fabrique et la zone de référence soient situées dans des habitats très similaires et que la zone d'exposition soit localisée à l'intérieur de la zone où se mélange l'effluent et l'eau du milieu récepteur à une concentration d'effluent supérieure à 1 %.

Sur les 48 études de cycle 2 effectuées, 6 fabriques n'ont pas réalisé d'étude de communautés benthiques. Les raisons principales évoquées étaient la très faible étendue du panache de l'effluent et l'impossibilité d'échantillonner dans le milieu récepteur pour des raisons de sécurité (courant trop élevé, effluent dans la voie maritime du St-Laurent) ou à cause de l'incompatibilité des engins d'échantillonnage avec le substrat (absence de sédiments et profondeur trop importante).

Parmi les 42 études benthiques réalisées au cycle 2, 37 études concernaient des fabriques rejetant leur effluent en eau douce et la stratégie d'échantillonnage appliquée était du type contrôle impact (zone exposée en aval et zone de référence en amont). En général, le protocole de base consistait à échantillonner la faune benthique dans une zone de référence, une zone exposée rapprochée et une zone d'exposition éloignée. Afin de bien mesurer l'étendue des effets de l'effluent, certaines fabriques ont dû délimiter une zone très éloignée (5 cas d'études lors du cycle 2). Si une zone d'exposition présentait des habitats différents, le nombre de zones de référence pouvait être accru de manière à pouvoir comparer des zones de référence et des zones d'exposition dont l'habitat était comparable. Ainsi, dans le cadre du cycle 2, 13 études comptaient 2 zones de référence alors que 2 autres études en totalisaient 3. Dans chaque zone, un minimum de 5 stations étaient localisées et à chaque station, deux sous-échantillons étaient récoltés. Dans la mesure du possible, les fabriques ont refait des prélèvements aux stations de benthos étudiées lors du cycle 1.

Cinq études ont été effectuées par des fabriques dont l'effluent se déversait en milieu marin. Pour ces dernières, un plan en gradient linéaire a été utilisé. Des stations ont été positionnées le long d'un ou deux gradients d'exposition à l'effluent en s'assurant de disposer également des stations à l'extérieur de la zone de mélange. Ces études en gradient seront résumées à la section 6.4.

La période d'échantillonnage au cycle 2 était le plus souvent similaire à celle du cycle 1. En général, l'échantillonnage du benthos se déroulait en fin d'été, c'est-à-dire en période de diversité maximale annuelle. L'engin de prélèvement utilisé différait selon le type de substrat définissant l'habitat des zones considérées. La plupart du temps, une benne a été utilisée pour échantillonner les sédiments fins (sable, limon et argile), notamment dans le cas des trois études menées en milieu marin. Des échantillonneurs du type Hess ou encore Surber étaient employés dans le cas de substrats graveleux, mixtes, ou rocheux. Si l'hétérogénéité du substrat était prononcée et que la profondeur de l'eau ne permettait pas l'utilisation d'échantillonneur Hess ou Surber, des substrats artificiels du type Hester-Dendy étaient installés. Deux (ou trois dans certains cas) substrats artificiels étaient posés à chaque station. Ces substrats étaient submergés pendant 6 semaines environ, puis collectés et traités au laboratoire.

Un mode de traitement standardisé des échantillons a été respecté dans la plus grande partie des études, ce qui a augmenté le pouvoir comparatif des résultats de benthos. Les échantillons étaient tamisés sur un tamis de 0,5 mm en eau douce et de 1 mm en milieu marin. Dans un bon nombre de cas, un fractionnement des échantillons a été effectué quand l'abondance des organismes dans les échantillons tamisés était très élevée. Les matrices d'abondance finales étaient dressées en prenant en compte les différents pourcentages de fractionnement, ce qui a toutefois causé des erreurs de calcul des densités totales dans certaines études. Le niveau d'identification, tel que précisé dans le guide technique a été dans l'ensemble bien respecté. Des collections de référence d'organismes benthiques ont été créées dans la majorité des études. Ces collections étaient envoyées à des experts reconnus pour fins de vérification taxonomique. Les corrections éventuelles étaient intégrées la plupart du temps par les fabriques dans la mise au point finale des matrices d'abondance. Les variables unitaires mesurées, telles que suggéré dans le guide technique, étaient : la densité totale (nombre d'organismes benthiques par mètre carré de substrat échantillonné), la richesse taxonomique (nombre de taxons par échantillon), les indices de diversité de Shannon-Wiener et de régularité de Pielou (Zar, 1996). Les résultats de l'échantillonnage sont présentés aux annexes 10 et 11.

Les modes de traitement des données ont été principalement des tests statistiques pour déterminer s'il existait une différence significative des valeurs de chaque variable unitaire entre la zone de référence et la ou les zone(s) d'exposition correspondante(s). L'existence d'une telle différence significative signalait un « effet » de l'effluent sur les communautés benthiques influencées par l'effluent. À ces analyses statistiques s'ajoutaient le plus souvent des analyses multivariées du type ordination en espace réduit (analyse des correspondances, ou AC, ou encore analyse en composantes principales, ou ACP).

6.3 Résultats des études de benthos en eau douce

Au cycle 2, la majorité des fabriques ont réussi à réaliser une étude de benthos qui rencontrait dans l'ensemble les exigences du programme. Parmi les 41 études ESEE complétées en eau douce, seules quatre fabriques n'ont pas entrepris d'étude de benthos et deux autres études ont présenté des résultats incomplets (figure 11). On compte également deux études qui ont été effectuées dans des habitats différents. Vingt-deux études de benthos ont montré l'existence de différences statistiquement significatives pour au moins un des indicateurs benthiques (abondance, richesse, diversité ou régularité) entre les zones de référence et d'exposition alors que pour 11 fabriques, il n'y avait pas de telles différences significatives. Parmi ces mêmes 11 études, une seule a pu conclure à l'absence d'effet. Huit autres ont montré qu'il existait des différences de structure des communautés entre les zones exposées et les zones de référence par le biais d'analyses de correspondance ce qui signifie un effet potentiel de l'effluent. Finalement, deux études ne permettaient pas d'arriver à une conclusion car l'ensemble de la zone d'étude était sous l'influence de multiples effluents municipaux.

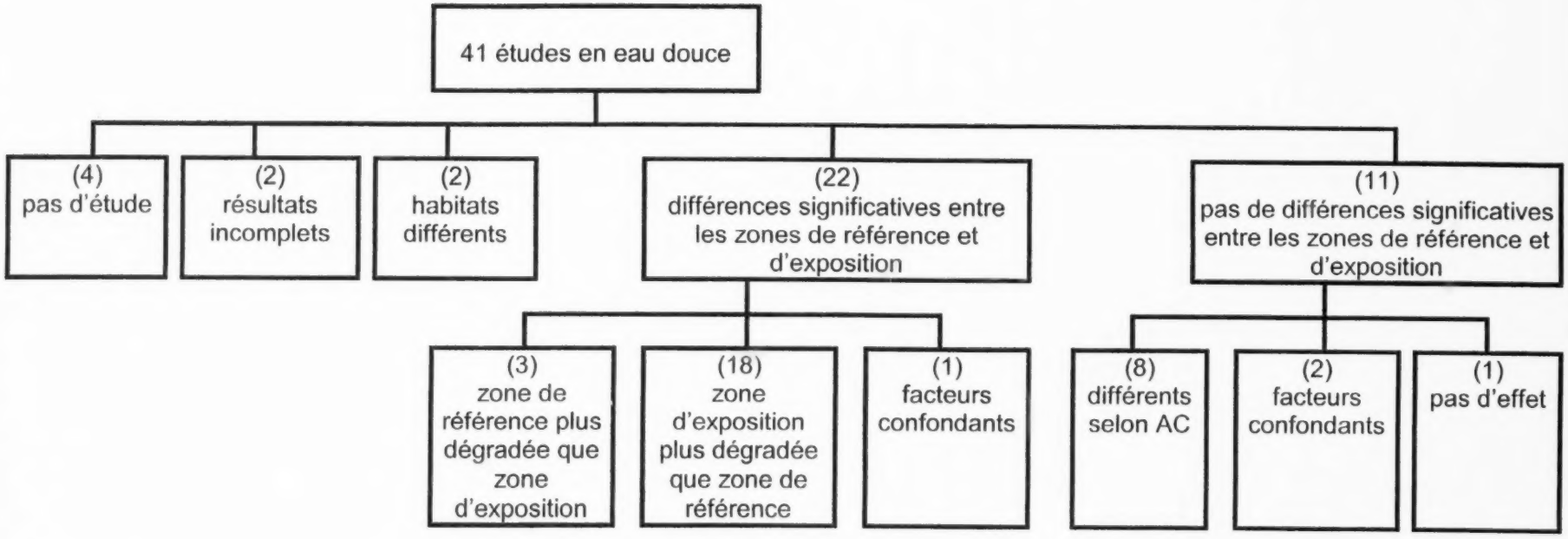


Figure 11 Bilan des résultats des études sur les communautés benthiques d'eau douce lors du cycle 2 dans la région du Québec.

Parmi les 22 études présentant des différences entre les zones, 18 d'entre elles ont montré que le benthos en zone d'exposition était plus affecté que celui en zone de référence. Ces études présentaient surtout des différences d'abondance qui pourraient être reliées à l'effluent des papetières concernées du moins en zone rapprochée étant donné l'absence d'autres sources de pollution. Toutefois, en zone éloignée, 7 études sur 18 mentionnent la présence d'effluents municipaux qui peuvent masquer les effets potentiels des effluents papetiers. À l'opposé, 3 études montraient que le benthos de la zone de référence était plus détérioré que celui de la zone d'exposition, alors qu'une étude n'a pas pu conclure du fait de l'existence de facteurs confondants (i.e. sédiments contaminés dans l'ensemble de la zone d'étude). Tout comme lors de l'analyse des données du cycle 1, nous avons voulu examiner les résultats des indicateurs benthiques en considérant une taille d'effet pour déterminer si l'effet observé pour une variable donnée pouvait être significatif du point de vue écologique. Pour ce faire, il faut fixer cette taille d'effet selon l'écart mesuré par rapport à la variabilité normale observée dans les zones de référence. La mesure de la variabilité la plus utilisée dans la littérature est équivalente à 2 fois l'écart-type de la moyenne d'une variable dans la zone de référence (Lowell, 1997). Si pour une variable, la moyenne de la zone d'exposition est supérieure ou inférieure d'au moins deux fois l'écart-type par rapport à la zone de référence, on pourrait supposer que la différence mesurée a une certaine signification écologique. L'analyse des résultats du cycle 2 des ESEE a révélé que cette taille d'effet s'avère très utile pour distinguer les impacts majeurs des impacts mineurs causés par les effluents des papetières sur le milieu récepteur (Lowell *et al.*, 2003).

Pour les quatre variables mesurés dans les études de benthos en eau douce, la majorité des 33 études ne présentent pas de différences entre les zones. Toutefois, près de 40 % des études présentent une densité moyenne dans la zone d'exposition supérieure d'au moins 2 fois l'écart-type par rapport à la moyenne de la zone de référence (figure 12). Pour la richesse taxonomique et la diversité, 7 et 6 études respectivement ont une moyenne de la zone d'exposition supérieure comparée à la zone de référence. En ce qui à trait à la régularité, le nombre d'études avec des valeurs supérieures en zone exposée est quasi équivalent à celles montrant des valeurs inférieures.

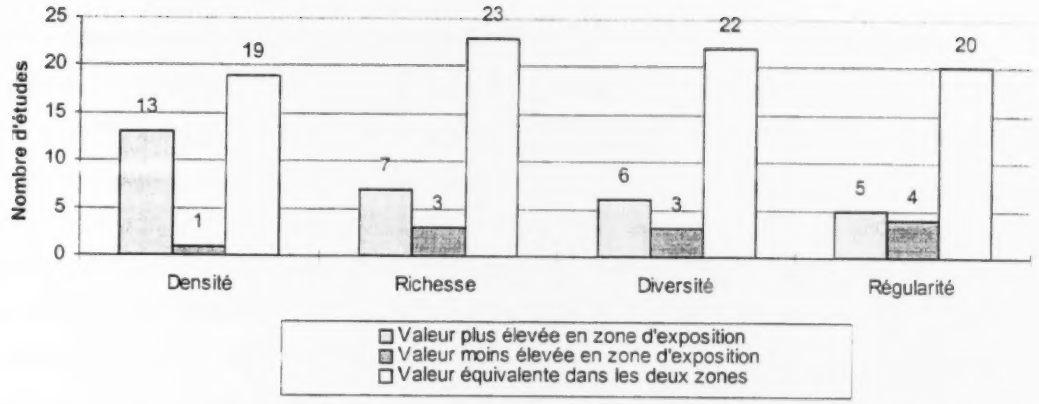


Figure 12 Nombre d'études ayant des différences de densité, de richesse, de diversité ou de régularité du benthos au moins égales à deux fois l'écart-type de la moyenne obtenue pour la zone de référence au cycle 2.

Les résultats des 33 études des communautés benthiques complètes dont les habitats des zones étaient comparables ont été analysés en tenant compte du type d'habitat (sédimentation ou érosion) dominant dans le milieu récepteur et de la variabilité naturelle dans les différentes écorégions où se situent les fabriques (Langlois et Dubuc, 1999) ou du type de traitement de l'effluent. Les sections suivantes présenteront la synthèse de ces analyses.

6.3.1 Densité, richesse taxonomique, diversité et régularité en fonction du type d'engin de prélèvement utilisé

Le type d'habitat, caractérisé principalement par le substrat, la vitesse de courant, la présence de végétation, la profondeur de l'eau, a une importance primordiale sur la structure de la communauté benthique (Davis et Lathrop, 1992) qu'on y retrouve d'où l'importance de bien choisir la zone de référence lors de la planification des études. La faune benthique qu'on retrouve en milieu d'eau rapide (lotique) prélevée avec l'échantillonneur Hess, sera très différente de la communauté benthique caractéristique des milieux d'eau lente (lentique) échantillonnée avec une benne. Nous avons donc voulu examiner les données du cycle 2 sous cet angle. Toutes zones confondues, la densité moyenne du benthos échantillonné à la benne était plus élevée que celle du benthos prélevé à l'aide des engins de type Hess ou Surber

(figure 13). Indépendamment du type d'engin de prélèvement, la densité était du même ordre de grandeur en zone de référence, à l'exception de la zone de référence éloignée pour les substrats artificiels où la densité était plus faible. Notons toutefois que dans ce dernier cas l'effectif était faible (n=2).

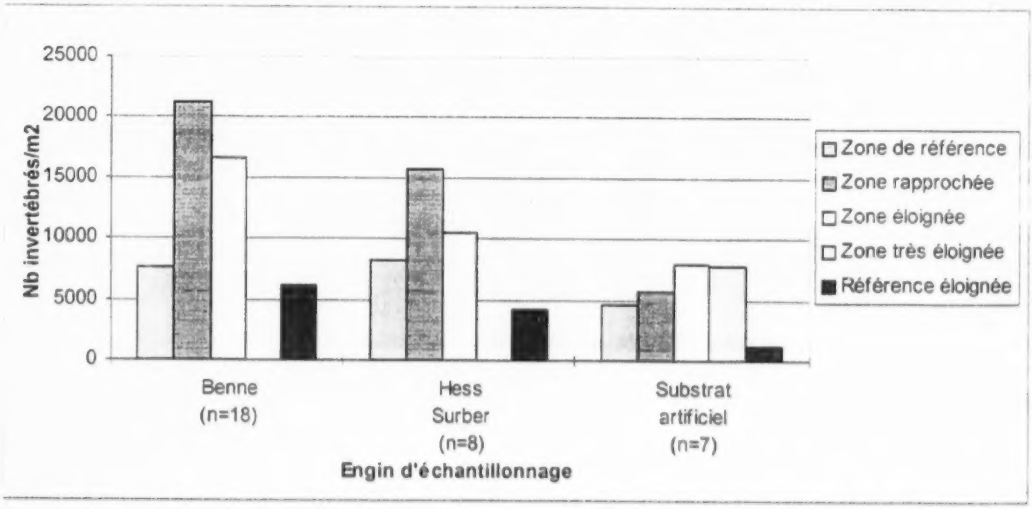


Figure 13 Densité moyenne des invertébrés benthiques selon le type d'engin utilisé et la zone d'étude au cycle 2

La densité avait tendance à être plus élevée en zone exposée par rapport à la zone de référence notamment pour les engins qui échantillonnent le substrat naturel (benne, Hess et Surber). La différence était moins marquée avec les substrats artificiels. Rappelons que ces engins d'échantillonnage sont sélectifs car ils n'échantillonnent que les organismes dérivants ou mobiles au détriment des organismes sur et dans le sédiment. Dans les cas de substrats naturels, la densité du benthos de la zone exposée rapprochée apparaissait plus élevée que celle du benthos en zone exposée éloignée. Ces résultats tendent à confirmer que l'habitat du poisson dans la zone d'exposition était plus souvent dégradé que celui de la zone de référence.

En ce qui à trait à la richesse taxonomique, le benthos échantillonné par benne présentait un nombre de taxons inférieur à celui obtenu par les autres types d'engins (figure 14). Les sédiments meubles offrent moins de diversité d'habitats ce qui pourrait expliquer ce résultat comparativement au milieu lotique qui présentent une variété de microhabitats. Les différences entre zones de référence et exposées étaient faibles en général. Notons toutefois la différence pour la richesse taxonomique entre la zone de référence éloignée et les autres zones

échantillonnées par les engins Hess et Surber. Une telle différence marquée s'observe entre la zone exposée très éloignée et les autres zones où le benthos a été échantillonné avec des substrats artificiels. Il est toutefois important de noter dans ces deux derniers cas que les effectifs étaient faibles.

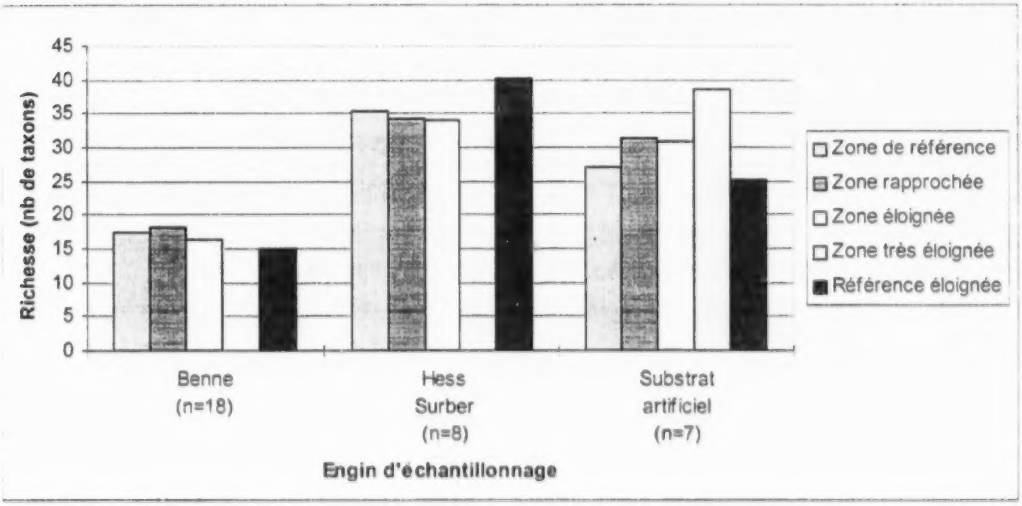


Figure 14 Nombre moyen de taxons d'invertébrés benthiques selon le type d'engin utilisé et la zone d'étude au cycle 2

La diversité reflète les résultats de richesse taxonomique du benthos prélevé à l'aide d'une benne (figure 15). En effet, la diversité était plus faible pour ces communautés benthiques par rapport à celles échantillonnées par les engins Hess et Surber ou encore par des substrats artificiels. On n'observe pas de différences marquées entre les zones de référence et les zones exposées, sauf pour les données provenant des zones de référence éloignée, qui montrent des valeurs légèrement plus faibles que pour les autres zones (engins Hess, Surber et substrats artificiels). À souligner, l'homogénéité dans la plupart des valeurs de diversité pour le benthos colonisant les substrats artificiels.

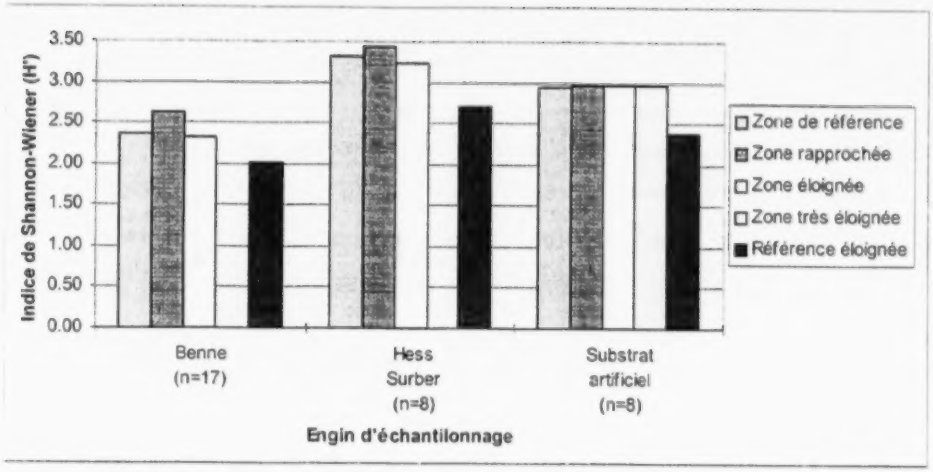


Figure 15 Diversité moyenne des invertébrés benthiques selon le type d'engin et la zone d'étude au cycle 2

Les valeurs moyennes de la régularité des communautés benthiques ne montraient pas de différences notables d'un type d'engin à l'autre ou encore d'une zone à l'autre (figure 16), à l'exception des valeurs légèrement plus faibles pour le benthos échantillonné par une benne. En raison des faibles variations et du peu d'informations additionnelles concernant les indices de diversité et de régularité, les sections suivantes ne traiteront que de la densité et de la richesse taxonomique.

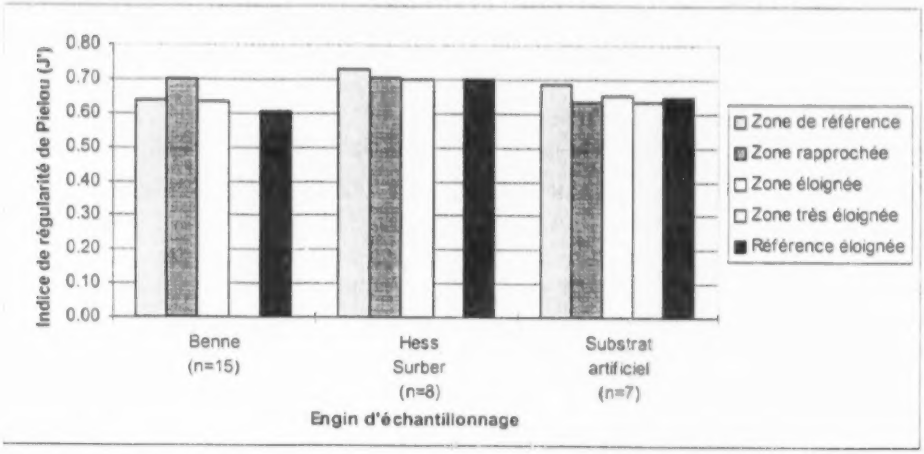


Figure 16 Régularité moyenne des invertébrés benthiques selon le type d'engin et la zone d'étude au cycle 2

6.3.2 *Densité et richesse taxonomique du benthos en fonction des écorégions*

Une des recommandations qui résultaient de l'analyse des résultats du cycle 1, était de considérer les écozones et les écorégions pour développer une stratégie d'échantillonnage du benthos (Environnement Canada, 1997e). Les écorégions sont des sous-ensembles géographiques des écozones, vastes écosystèmes distincts délimités à partir de caractéristiques particulières comme le climat, les reliefs, les sols, la végétation, la faune et les activités humaines. Une écorégion est caractérisée par des assemblages particuliers de communautés multispécifiques. Du fait de la grande variabilité des habitats du benthos qui se présente parmi l'ensemble des études, une analyse des résultats des études du benthos selon leur distribution géographique était souhaitable. Au Québec, les papetières se déversant en eau douce sont réparties en cinq écorégions : les Plaines de l'Abitibi, les Régions méridionale et centrale laurentiennes, les Appalaches et les Basses terres du bassin du St-Laurent. La synthèse des résultats du cycle 1 avait également examiné les résultats des études de benthos en fonction de la distribution des fabriques selon ces mêmes écorégions (Langlois et Dubuc, 1999).

Une analyse sommaire des résultats (figures 17 et 18) montre que d'une écorégion à l'autre, les variations dans la densité ou la richesse taxonomique moyennes étaient notables au cycle 2. À l'exception des Basses terres du St-Laurent, on observe en général une forte augmentation de la densité moyenne en zone exposée par rapport à la zone de référence (figure 17).

À l'instar des résultats du cycle 1, la richesse taxonomique moyenne augmentait au cycle 2 lorsque l'on suit l'ordre des écorégions suivant : Plaines de l'Abitibi, Sud des Laurentides, Centre des Laurentides, Basses terres du St-Laurent, Appalaches (figure 18). La richesse dans chaque région semblait même être plus élevée au cycle 2 comparativement au cycle 1. Ce dernier résultat pourrait être expliqué par les variations environnementales mais aussi par la méthodologie qui a été de façon générale de meilleure qualité au cycle 2. La richesse moyenne en zone d'exposition était sensiblement plus élevée qu'en zone de référence dans quelques régions mais plus particulièrement en Abitibi.

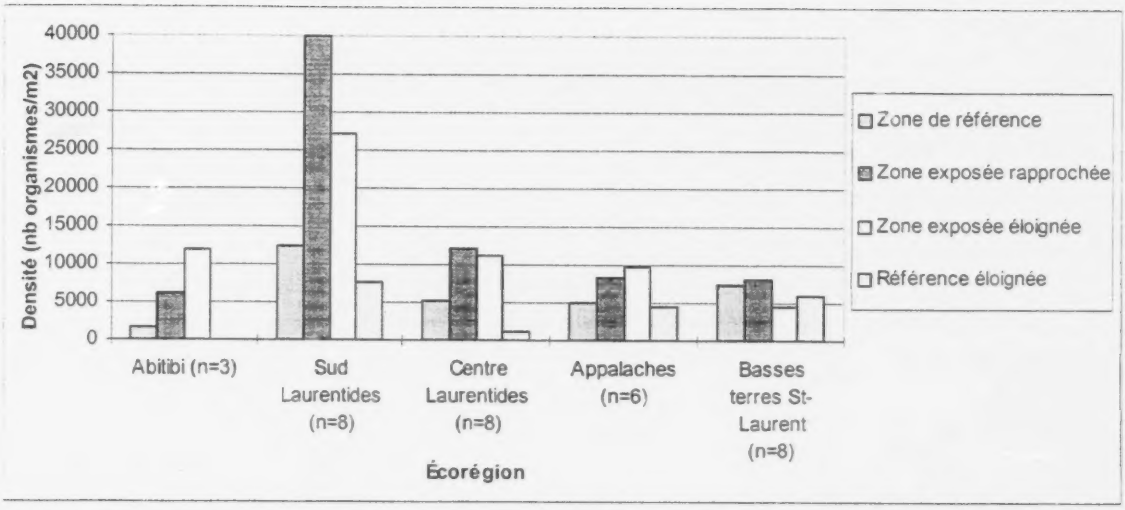


Figure 17 Densité moyenne des invertébrés benthiques par écorégion.

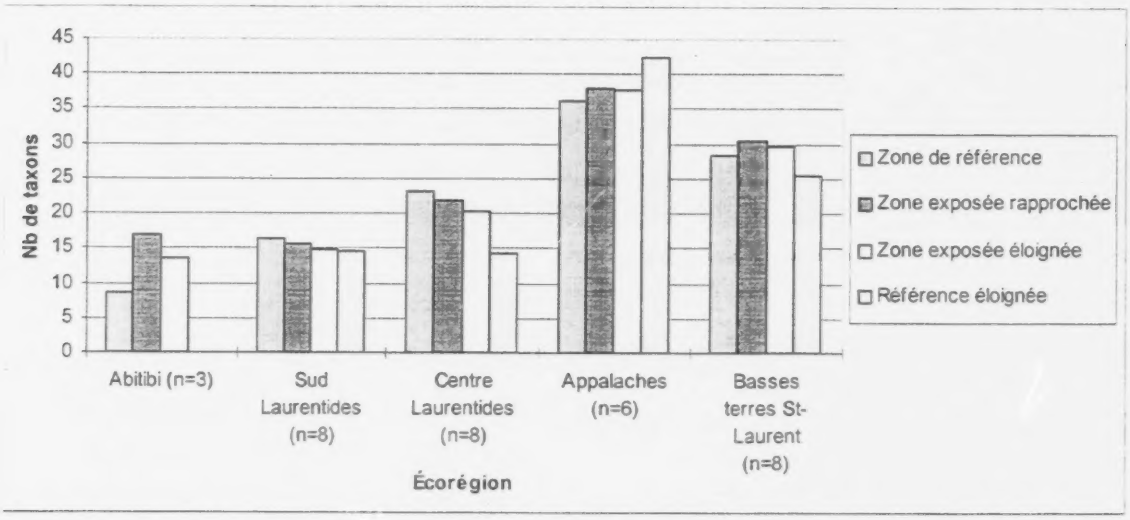


Figure 18 Richesse taxonomique moyenne des invertébrés benthiques par écorégion.

Dans cette région où les eaux peuvent être qualifiées d'oligotrophes, les effluents des fabriques peuvent représenter un important apport en nutriments qui semble avoir un effet eutrophisant sur le milieu aquatique environnant, ayant pour conséquences une augmentation de la densité et du nombre de taxons. On note une diminution de la richesse moyenne en zone exposée par rapport à la zone de référence dans les zones éloignées des Appalaches et moins perceptiblement dans les zones rapprochées du Sud et du Centre des Laurentides (figure 18). Cette même analyse par écorégion a été effectuée en ne considérant que les études dont

l'engin d'échantillonnage était la benne, soit l'engin le plus utilisé. Les résultats sont présentés à l'annexe 12. Dans l'ensemble, les tendances sont sensiblement les mêmes, la richesse augmentant de l'Abitibi vers les Appalaches et les plus fortes variations à l'intérieur d'une écorégion étaient les différences d'abondance entre les zones exposées et de références.

6.3.3 *Influence du mode de traitement de l'effluent des fabriques en eau douce sur les communautés benthiques étudiées*

Lorsque l'on considère les résultats des études de benthos en fonction du type de traitement des effluents, la densité des invertébrés était plus élevée dans les zones exposées que dans les zones de références à deux exceptions près (figure 19). La variation le plus spectaculaire a été celle obtenue à partir des fabriques qui utilisent un réacteur biologique séquentiel. Quant aux différences de richesse taxonomique entre zones de référence et d'exposition, elles n'étaient pas particulièrement marquées en général. Notons toutefois l'écart des valeurs moyennes de richesse taxonomique pour le cas des fabriques utilisant des étangs aérés, entre les zones de référence et exposées éloignées (figure 20). Les résultats obtenus dans les études dont les effluents ne sont traités que par un système primaire ne se distinguaient pas des modes de traitement secondaire, si ce n'est de la chute de la richesse taxonomique en zone exposée rapprochée par rapport à la zone de référence.

L'influence de l'écorégion peut éventuellement masquer des schémas de variations plus explicites. Nous avons étudié comment variaient la densité et la richesse taxonomique mesurées dans les études effectuées aux fabriques avec le mode de traitement le plus fréquemment employé (boues activées), au sein des écorégions définies. Le patron observé aux figures 19 et 20 pour ce type de traitement était sensiblement le même dans l'ensemble des différentes écorégions. Les résultats détaillés sont présentés à l'annexe 13.

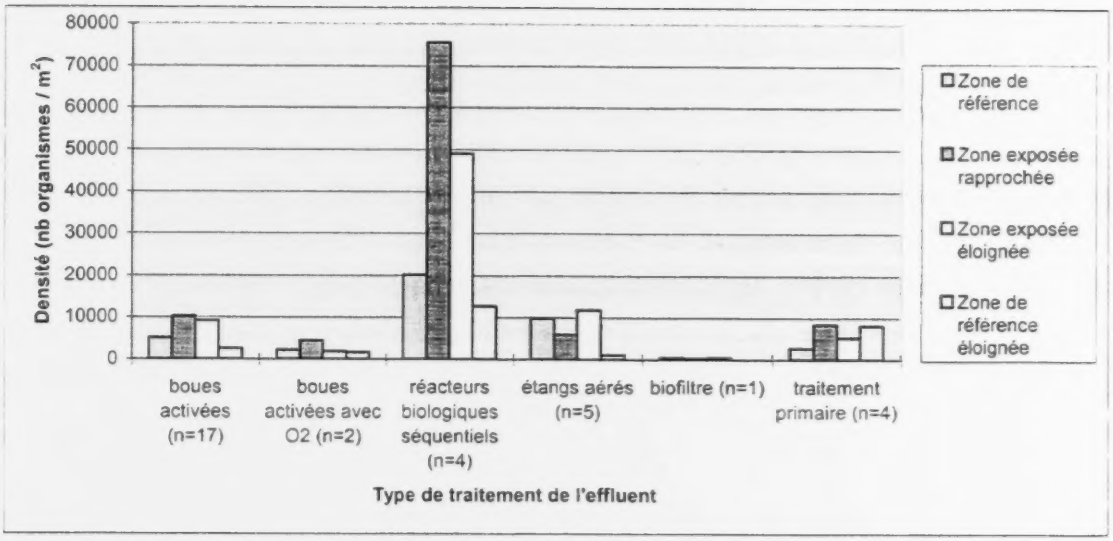


Figure 19 Variation de la densité moyenne du benthos des zones étudiées en fonction du type de traitement des effluents

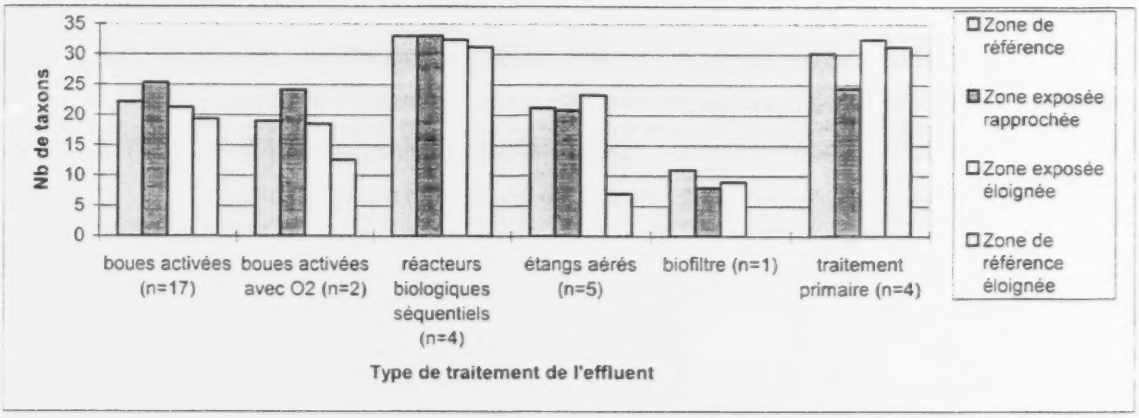


Figure 20 Variation du nombre moyen de taxons benthiques des zones étudiées en fonction du type de traitement des effluents

6.4 Résultats des études du benthos en milieu marin

Les fabriques dont l'effluent se jette en milieu marin ayant complété une étude ESEE au cycle 2 étaient au nombre de 7. Deux de ces usines n'ont pas réalisé d'études de benthos. Dans un cas, la fabrique était fermée et dans l'autre, la zone de mélange à 1 % se situait à moins de 50 m de l'émissaire et l'effluent se composait principalement d'eaux de refroidissement.

En ce qui concerne les cinq fabriques qui ont effectué une étude des communautés benthiques, l'étude a été conçue avec une stratégie d'échantillonnage du type gradient. Ainsi, un certain nombre de stations ont été positionnées le long de l'axe du panache de l'effluent de manière à obtenir des stations le long d'un gradient décroissant de concentration d'effluent dans les limites de concentration de 1 %, et des stations situées plus loin sur le même transect en dehors de la limite de concentration de 1 % d'effluent et qui font office de stations de référence. Deux études ont présenté un plan d'étude de ce type. Trois autres études avaient un plan d'échantillonnage plus complet avec 2 gradients pour évaluer l'effet du panache pendant un cycle complet de la marée.

Les mêmes quatre variables biotiques utilisées pour les études benthiques en eau douce ont été calculées pour les études en milieu marin (densité, richesse taxonomique, diversité, régularité), à partir des données obtenues à chaque station. Dans quatre études, la biomasse totale (exprimée en g/m^2) par station a aussi été calculée. Une analyse des correspondances (AC) a été effectuée sur les matrices d'abondance obtenues, ce qui a permis de discriminer des sous-groupes de stations similaires sur le plan de la structure de la communauté benthique. Des analyses de régression ont aussi été effectuées pour déterminer l'existence d'un effet, selon la méthodologie suggérée par le guide technique (Environnement Canada, 1998) soit la relation entre les variables biotiques en fonction de la distance à l'émissaire.

6.4.1 Résultats

Les résultats des cinq études réalisées en milieu marin ne montrent pas de relations linéaires significatives entre les variables des études de benthos et la distance à l'émissaire. Par contre, des analyses de correspondances ont permis de distinguer des groupes de stations selon la structure de leurs communautés (annexe 14). Dans deux études sur cinq, les groupes formés permettaient de distinguer nettement une séparation des stations rapprochées à l'émissaire de celles situées plus loin le long du gradient. Les communautés benthiques de ces groupes de stations se distinguaient non seulement quant à la présence d'espèces plus ou moins tolérantes à l'enrichissement organique mais aussi selon la densité, la richesse et la biomasse. Dans ces deux études, les stations rapprochées, les plus susceptibles d'être affectées par l'effluent, présentaient des densités moins élevées que des stations plus éloignées et présentaient une

plus forte proportion d'organismes indicateurs d'un milieu enrichi en matière organique. Dans un cas, la biomasse était plus faible dans les stations rapprochées et dans l'autre la richesse présentait une valeur moindre dans les stations rapprochées (figures 21 et 22). Ces résultats étaient aussi appuyées par des valeurs plus élevés de COT et/ou de sulfures dans les stations proximales. L'effluent de ces deux papetière semblait donc avoir un effet inhibiteur sur la faune benthique située à proximité de l'émissaire. Ce même type d'effet a été observé à travers le Canada au cours du cycle 2 pour un grand nombre de fabriques rejetant leur effluent en milieu marin (Lowell *et al.*, 2003).

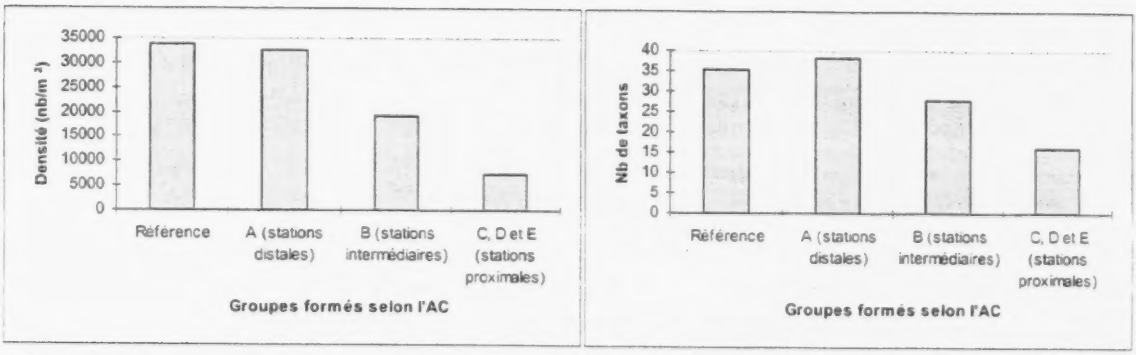


Figure 21 Densité moyenne et nombre moyen de taxons du benthos aux stations de référence et celles constituant les groupes déterminés par l'AC à l'usine New Richmond.

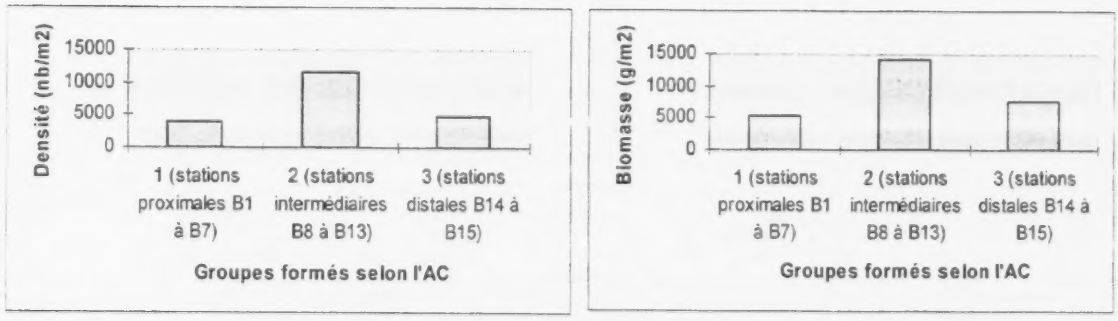


Figure 22 Densité et biomasse moyenne du benthos aux stations constituants les groupes déterminés par l'AC à l'usine Baie-Comeau.

Dans une autre étude (La Baie, PP1561), deux groupes formés de la presque totalité des stations contenaient des stations à la fois près ou loin de l'émissaire. La structure d'un de ces groupes semblait plus influencée par des apports d'eau douce si on en juge par la faune benthique dominée par les oligochètes et les chironomidés. Dans le cas de l'autre groupe de

stations, il présentait des résultats contraires à ce qui a été observé dans les deux études précédentes soit une densité, une biomasse et une richesse supérieures près de l'émissaire (figure 23). La faune benthique en présence était majoritairement constituée par trois espèces pionnières de polychètes caractéristiques de milieux marins affectés par l'enrichissement organique.

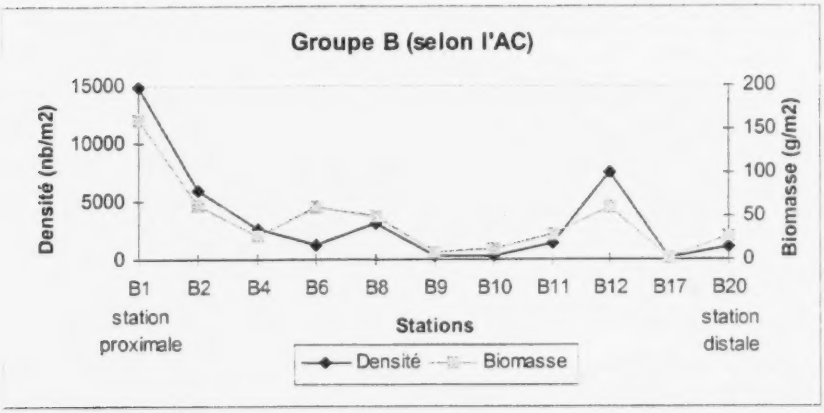


Figure 23 Densité et biomasse du benthos aux stations du groupe B, déterminé par l'AC à l'usine de La Baie.

Dans le cas de la fabrique Spruce Falls à Matane (PP1201), l'analyse de correspondances n'a pas permis de discriminer des groupes de stations en fonction de la distance à l'émissaire. Cependant, les deux stations les plus proches le long des deux gradients, montrent des signes d'enrichissement organique en raison d'une densité supérieure et une diversité et une régularité plus faible que pour les autres stations situées plus loin de l'émissaire. Finalement la fabrique de Port-Cartier (PP1202) ne semble présenter aucun effet sur la faune benthique puisqu'aucune relation entre les variables biotiques y compris la structure de la communauté benthique et la distance à l'émissaire n'a été mise en évidence.

6.5 Comparaison des résultats entre les cycles 1 et 2

6.5.1 Les études en eau douce

Les résultats de l'ensemble des études de benthos réalisées aux cycles 1 et 2 ont été comparées au niveau des différences de densité et de richesse entre les zones exposées et de référence. Seules ces deux variables ont été mesurées dans toutes les études durant les 2 cycles de suivi. Le nombre de papetières ayant des densités moyennes équivalentes dans les zones exposées et de référence a légèrement augmenté au cycle 2 au détriment des études où

la densité était plus élevée que 2 fois l'écart-type de la moyenne de la zone de référence (figure 24). En ce qui concerne la richesse taxonomique, le nombre d'études avec des valeurs équivalentes est toujours plus élevé que les études avec des valeurs soient plus élevées ou plus faibles en zone d'exposition. Le nombre d'études avec des valeurs de richesse supérieures en zone exposée est toutefois plus important au cycle 2. Ces résultats illustrent bien la tendance à l'amélioration générale de l'état des communautés benthiques exposées aux effluents des fabriques de pâtes et papiers au Québec.

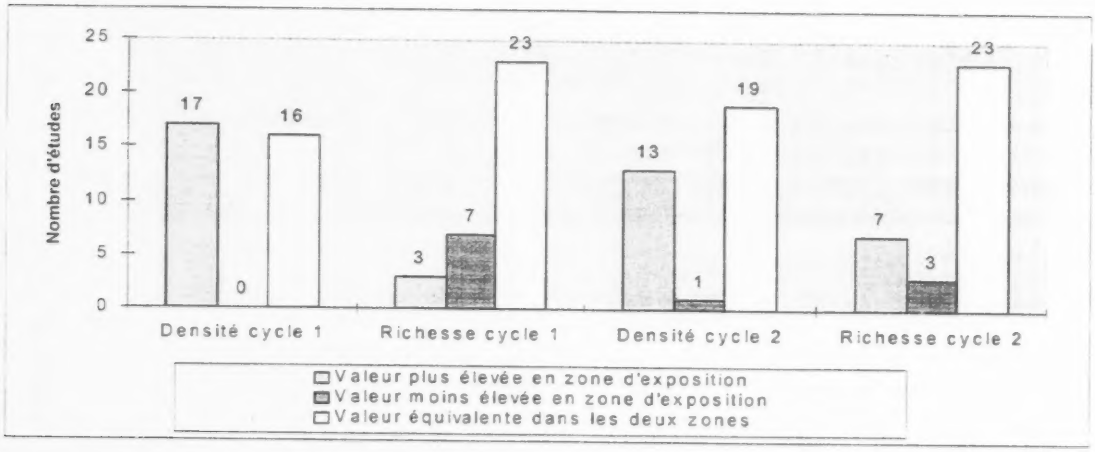


Figure 24 Comparaison du nombre d'études dont les différences de densité et de richesse taxonomique sont de l'ordre de 2 fois l'écart-type de la moyenne calculée en zone de référence entre les cycles 1 et 2.

Une comparaison temporelle des résultats par fabrique a également été faite. Encore une fois seules la densité et la richesse taxonomique ont pu être comparées entre les 2 cycles. Parmi les 37 études réalisées au cycle 2, un total de 18 études n'ont pas fait l'objet d'une telle comparaison entre les deux cycles, soit en raison d'un changement d'engin de prélèvement soit parce que l'emplacement des stations ou des zones différait entre les cycles.

Quant aux 19 études où une comparaison était possible, la très grande majorité d'entre elles montrait une amélioration de l'état de la communauté benthique en zone d'exposition au cycle 2 par rapport au premier cycle (tableau 15). Ces améliorations étaient principalement illustrées par la réduction de l'abondance relative des organismes tolérants à l'enrichissement du milieu en matière organique (Oligochètes ou Chironomides) et/ou l'augmentation de la proportion des taxons sensibles à l'eutrophisation (Éphéméroptères, Plécoptères, Tricoptères).

Tableau 15 Comparaison des réponses des communautés benthiques entre le cycle 1 et le cycle 2

Usine	Ville	Variation de l'abondance en zone exposée	Variation de la richesse en zone exposée	Variation de l'abondance de taxons indicateurs	Variation de l'état des communautés benthiques
Compagnie Abitibi-Consolidated du Canada (PP1184)	Amos	ND	+	Baisse oligochètes et COT	Amélioration
Norkraft Quévillon Inc. (PP1147)	Lebel-sur-Quévillon	+*	++**	Hausse diversité et régularité	Amélioration
Papier Masson Ltée (PP1153)	Masson-Anger	-	+	Baisse oligochètes et COT	Amélioration
Bowater Produits forestiers du Canada Inc. (PP1118)	Gatineau	-	ND	Baisse oligochètes, hausse taxons intolérants	Amélioration
Cascades Groupe Papiers Fins inc. (PP1198)	St-Jérôme	-	ND	Baisse oligochètes	Amélioration
Emballages Smurfit-Stone Canada Inc. (PP1102)	Portage-du-Fort	ND	0	*statu quo*	*Statut quo*
Norampac Inc. (PP1114)	Cabano	ND	ND	Baisse oligochètes	Amélioration
Papiers Scott Ltée (PP1188)	Lennoxville	+	ND	Baisse oligochètes	Amélioration
Bowater Produits forestiers du Canada Inc. (PP1092)	Donnacona	0	+	Baisse oligochètes, hausse diversité	Amélioration
Désencrage C.M.D. Inc., Cascades Lupel Inc. (PP1179 & PP1183)	Cap-de-la-Madeleine	+	-	Hausse oligochètes	Détérioration
Compagnie Abitibi-Consolidated du Canada (PP1091)	Beaupré	-	-	Baisse oligochètes et COT	Amélioration
Spexel Inc. (PP1193)	Beauharnois	ND	ND	Hausse oligochètes zone exposée et zone de référence	Détérioration
Compagnie Abitibi-Consolidated du Canada (PP1104)	Clermont	ND	0	Hausse EPT	Amélioration
J. Ford Ltée (PP1187)	Portneuf	ND	ND	Hausse EPT zone exposée et zone de référence	*Statu quo*
F.F. Soucy Inc. (PP1138)	Rivière-du-Loup	ND	ND	Baisse chironomidés, hausse taxons intolérants	Amélioration
Tembec Inc. (PP1094)	Témiscaming	-	+	*statu quo*	Amélioration
Domtar Inc. (PP1148)	Windsor	ND	ND	Baisse oligochètes, hausse arthropodes	Amélioration
Kruger Inc. (PP1131)	Bromptonville	ND	0	Baisse chironomidés, hausse EPT	Amélioration
Cascades Inc. (PP1208)	Kingsey Falls	-	++	Baisse oligochètes, hausse taxons intolérants	Amélioration

+ augmentation, - diminution, ND : Variation semblable en zone de référence
* hausse bénéfique de la densité car au premier cycle l'abondance était pratiquement nulle en zone exposée
++** : hausse supérieure à 10 taxons

Ces variations pouvaient également se répercuter au niveau des variations de densité et de richesse taxonomique. En effet, 5 études montraient une réduction de la densité en zone exposée et de la différence entre les zones de référence et exposée au cycle 2. Un total de 6 études présentaient une augmentation du nombre de taxons uniquement dans la zone exposée au cycle 2.

A l'opposé, le nombre d'études faisant état d'une détérioration de la communauté benthique dans la zone d'exposition au cycle 2 par rapport au cycle 1 était faible (tableau 15). Au niveau de la structure du benthos affecté, on note le plus souvent une augmentation de l'abondance et de la richesse taxonomique des organismes tolérants (Oligochètes ou Chironomides).

Deux autres études présentaient des résultats nous permettant de déterminer un *statu quo* au niveau de la structure du benthos dans les zones exposées correspondantes : tout état mesuré au cycle 1 était encore observable sans changements lors de l'étude du cycle 2.

6.5.2 Les études en milieu marin

Le nombre d'études de benthos en milieu marin étant trop faible, il n'est pas possible de dégager de tendance générale comme avec les usines déversant leurs effluents en eaux douces. De plus, le plan d'échantillonnage a changé depuis le cycle 1 ce qui rend les comparaisons quantitatives plus difficiles. Pour la fabrique à New Richmond (PP1101), les résultats de l'étude du benthos ont montré une augmentation générale de l'abondance autant aux stations de références qu'aux stations exposées au cycle 2. Il est difficile d'énoncer d'autres tendances pour les résultats des stations exposées, puisque leur localisation sont différente entre les cycles 1 et 2.

Pour la fabrique à La Baie (PP1561), on observe depuis le cycle 1 une amélioration générale dans la zone d'exposition du fait de l'augmentation de la richesse taxonomique associée à une diminution de la densité. Si ceci reflète réellement une amélioration, elle pourrait être due à la mise en route du système de traitement des effluents en 1995. Il est possible que la structure du benthos au cycle 2 reflète plutôt celle d'une recolonisation du substrat perturbé par les effets du déluge de 1996.

Quant à l'étude de la fabrique de Baie-Comeau (PP1088) au premier cycle, celle-ci a révélé que la densité et la richesse taxonomique du benthos aux stations proches de l'effluent étaient plus faibles par rapport aux stations plus éloignées, ce qui a été attribué à un impact de l'effluent sur le benthos de ce secteur. Une réponse similaire a été observée au cycle 2. En ce qui concerne les études des fabriques Uniforêt à Port-Cartier (PP1202) et Spruce Falls à Matane (PP1201), d'importantes différences au niveau de la méthodologie empêchent toute comparaison entre les 2 cycles.

7 Évaluation de l'effet global de chacune des usines du Québec

7.1 Introduction

L'approche décrite et appliquée dans ce chapitre se fonde sur la notion du « poids de la preuve » (Environnement Canada, 1997c), terme se référant à une approche qui permet de prendre en considération tous les résultats de suivi et de déterminer la justesse de la réglementation pour protéger les poissons, leur habitat et l'utilisation des ressources halieutiques. Lors d'un atelier sur l'intégration des données ESEE (Environnement Canada, 1999), les participants ont conclu à la nécessité de développer un mode d'application du concept de poids de l'évidence aux données issues des cycles ESEE (voir aussi Walker *et al.*, 2002). Cette approche permet de considérer l'ensemble des résultats, d'utiliser le jugement professionnel afin de déterminer si les résultats sont significatifs sur le plan écologique et d'apprécier la force et les faiblesses des données accumulées. Ce chapitre présente une approche d'intégration qui va dans ce sens.

En raison de l'importante quantité de résultats provenant des 48 études de suivi dans la région du Québec, il essentiel de créer un outil de gestion des données qui permettrait l'intégration de toute l'information obtenue dans les trois volets d'étude (toxicité, benthos et poissons). Les avantages d'une telle intégration sont multiples :

- permet la synthèse de l'information sans analyses statistiques complexes et facilite son utilisation pour fins de diffusion ou de gestion de risque environnemental ;
- permet de caractériser chaque fabrique ;
- met toutes les usines sur une base de comparaison similaire ;
- peut servir comme outil de suivi temporel (comparaison entre cycles) ;
- représentation sous une forme numérique, dans un intervalle représentatif d'un état particulier ;
- représentation graphique des valeurs des variables unitaires (pointe de tarte, histogramme).

7.2 *Définition de l'indice composite : l'indice Triade-ESEE*

La définition de l'indice Triade-ESEE s'inspire de la structure d'un indice mis au point par Chapman (1986, dans Chapman, 1992) pour l'évaluation de la qualité des sédiments (Sediment Quality Triad, ou SQT). Parker et Dumaresq (2002) préconisent même l'utilisation du SQT dans les ESEE concernant les effluents des mines de métaux. D'autres indices composites intègrent uniquement des variables biologiques (Indice des Communautés d'Invertébrés, ou ICI : Willsie 1993, dans Bombardier et Blaise, 2000). L'indice SQT incorpore des mesures de contaminants dans les sédiments, des résultats de la toxicité mesurée sur ces sédiments et des données sur la structure des communautés benthiques associées aux sédiments. Les trois composantes fournissent des données complémentaires, autant chimiques que biologiques. La notion du poids de la preuve est donc invoquée dans cette approche.

Alors que le SQT est constitué de variables mesurées sur des échantillons provenant du milieu récepteur uniquement, l'indice Triade-ESEE incorpore d'une part une mesure de la toxicité sous-létale effectuée sur un échantillon de l'effluent final, d'autre part des données reflétant l'effet de cet effluent dans le milieu récepteur sur des composantes biologiques. Autant pour le SQT que l'indice Triade-ESEE, une « valence » égale est attribuée à chaque variable entrant dans la composition de l'indice, faute d'information susceptible d'infirmer cette hypothèse. Cette propriété pourra éventuellement être modifiée ultérieurement.

Les trois composantes de l'indice Triade-ESEE sont les mêmes que celles utilisées dans la région de l'Ontario selon l'approche LTF (lab to field approach) développée par Moody (2002) où des résultats de toxicité transformés (cote de toxicité) ont été comparés aux résultats transformés d'études de poissons et de benthos (ratio de comparaisons statistiquement significatives). La principale différence entre les deux approches est que l'indice triade-ESEE utilise les 3 composantes pour en faire un indice intégré.

Plutôt que de statuer sur l'importance des effets sur le poisson et le benthos en se basant uniquement sur les différences statistiques entre les zones exposées et de référence, nous avons voulu comparer les variables en se servant d'un indice qui tiendrait compte de la variabilité naturelle. Pour ce faire nous avons utilisé des tailles d'effets qui représentent l'ampleur des effets que le programme ESEE devrait pouvoir détecter et qui a été mesurée par la majorité des études du cycle 2 au pays (Lowell et al., 2003). Dans le cadre des ESEE, un effet est défini comme étant: « une modification à une variable mesurée qui est supérieure à l'étendue de la variation naturelle observée dans les zones de référence, à moins qu'il y ait une taille d'effet définie pour cette variable. La taille de l'effet correspond à la modification d'une variable qui est considérée comme écologiquement significative. » (Environnement Canada, 1997b).

Le calcul de l'indice Triade -ESEE comporte les phases suivantes :

- classification des résultats de toxicité sous-létale (CI_{25});
- identification des différences significatives observées avec les variables benthiques ou ichtyennes entre la zone de référence et la zone exposée ainsi que d'autres résultats mettant en évidence des différences entre les deux zones;
- transformation des données précédentes (toxicité sous-létale, benthos, poissons) en une cote Triade-ESEE ;
- établissement d'une combinaison de cotes et de l'indice Triade-ESEE.

7.3 Mise au point de l'indice Triade-ESEE

7.3.1 Étapes de transformations des résultats en cotes Triade-ESEE

En ce qui concerne les données de toxicité sous-létale, chaque valeur de $MGCl_{25}$ obtenue à la fin du cycle 2 a été transformée en une cote d'essai sous-létal, selon une échelle préétablie (tableau 16). Cette échelle est découpée en cinq intervalles dont les valeurs-seuils ont été déterminées lors de l'élaboration du rapport synthèse du cycle 1 (Langlois et Dubuc, 1999).

Tableau 16 Transformation et combinaison des résultats des essais sous-létaux en une cote Triade-ESEE.

Eau douce Échelle ($MGCl_{25}$)	0% < MG < 15%	15% ≤ MG < 50%	50% ≤ MG < 100%	MG ≥ 100%
Cote d'essai sous-létale	4	3	2	1

Milieu marin Échelle ($MGCl_{25}$)	0% < MG < 15%	15% ≤ MG < 50%	50% ≤ MG < 67%	MG ≥ 67%
Cote d'essai sous-létale	4	3	2	1

Combinaison	Classe de toxicité sous-létale	Cote Triade-ESEE
4.4.4 4.4.3 4.4.2 4.4.1	Toxicité très élevée	5
4.3.3 4.3.2 4.3.1 4.2.2 4.2.1 4.1.1	Toxicité modérée à élevée	4
3.3.3 3.3.2 3.3.1 3.2.2 3.2.1 3.1.1	Toxicité faible à modérée	3
2.2.2 2.2.1 2.1.1	Faible toxicité	2
1.1.1	Non toxique	1

Pour la transformation des résultats de benthos lors des études selon le plan contrôle-impact (zone exposées vs zone de référence), nous avons considéré les différences statistiquement significatives parmi les quatre variables mesurées qui étaient supérieures aux variations naturelles du milieu. Pour ce faire, nous avons calculé la fréquence relative (%) des effets en divisant le nombre de cas où l'on obtient des différences significatives supérieures à 2 fois l'écart-type de la zone de référence par le nombre total de comparaisons possibles. Selon la valeur de la fréquence relative de différences, on obtient une cote Triade-ESEE de 1 à 5 (tableau 17). Afin de raffiner la classification, les résultats des analyses multivariées (analyse de correspondance) ont aussi été considérés lorsque disponibles. Lorsque l'étude de benthos n'était pas réalisée en raison d'un très petit panache (ex : inférieur à 100 m de longueur, la cote 1 (effet nul) a été attribuée.

L'interprétation des résultats des études des communautés benthiques par gradient se base sur un test de significativité de la relation (linéaire) entre les valeurs d'une variable benthique et la distance à l'émissaire. L'existence d'une telle relation significative est prise en compte pour déterminer une cote de benthos. Nous avons calculé la fréquence relative (%) des effets en divisant le nombre de variables présentant des relations significatives par le nombre total de variables mesurées. Selon la valeur de la fréquence relative, on obtient une cote Triade-ESEE de 1 à 5 (tableau 17).

Nous avons appliqué le même genre d'approche pour les résultats provenant des études de poissons. L'ensemble des comparaisons provenant des ANCOVA ont été subdivisées en trois groupes de variables : les variables somatiques (S), les variables hépatiques (H) et les variables de reproduction (R). Lorsque des différences significatives étaient déterminées, nous n'avons considéré que les cas ou celles-ci excédaient des valeurs pouvant être reconnues comme supérieures aux variations naturelles du milieu, tel que nous en avons discuté à la section 4.1. Lorsque l'étude de poissons n'était pas réalisée en raison d'un panache inférieur à 250 m de longueur, la cote 1 (effet nul) a été attribuée. Selon la fréquence relative de différences significatives de groupe de variables, une cote triade ESEE a été déterminée variant de 1 à 5 (tableau 17).

Tableau 17 Cote Triade-ESEE pour les trois composantes des études de suivi.

Résultats du suivi du benthos Fréquence relative des effets	Résultats du suivi des poissons Fréquence relative des effets	Toxicité sous-létale Combinaison de cotes	Cote triade ESEE	Classe d'effet
0,75 à 1	0,75 à 1	4.4.1 à 4.4.4	5	Très élevé
0,50 à 0,74	0,50 à 0,74	4.1.1 à 4.3.3	4	Élevé
0,25 à 0,49	0,25 à 0,49	3.1.1 à 3.3.3	3	Modéré
0,01 à 0,24	0,01 à 0,24	2.1.1 à 2.2.2	2	Faible
0	0	1.1.1	1	Nul

Benthos et poissons : ratio du nombre de différences significatives dépassant les seuils de tailles d'effet/nombre de comparaisons
Toxicité : 3 tests = 3 cotes = 1 combinaison de cotes

7.3.2 Combinaison des cotes

Pour chacune des trois composantes de l'indice Triade-ESEE, nous avons obtenu une cote qui varie de 1 à 5 (tableau 17). Pour passer à la phase finale de transformation, on applique la même approche que pour les données de toxicité sous-létale. C'est-à-dire que l'on classe les trois cotes Triade-ESEE obtenues, de la plus grande valeur à la plus petite. Nous obtenons une combinaison de cotes pouvant varier entre 1.1.1 à 5.5.5, qui constitue l'indice Triade-ESEE. Les différentes combinaisons ont ensuite été placées selon des classes d'intensité d'effet allant de très élevée à nulle (tableau 18).

Lorsque certains résultats de poissons ou de benthos ne respectaient pas tous les critères de qualité de base pour être considérées (trop faible nombre d'échantillons unitaires, influence notable de facteurs confondants, etc.), la transformation de ces données en une cote Triade-ESEE n'a pu être effectuée. Dans ces cas, la cote manquante a été remplacée par la cote 1 et l'indice ainsi obtenu a été ensuite classé avec les autres. Ainsi les usines qui présentaient une cote manquante ont quand même pu être évaluées et comparées selon un scénario conservateur.

Tableau 18 Indice Triade–ESEE selon la combinaison des cotes pour les trois composantes des ESEE.

Indice Triade-ESEE (Combinaison des cotes)	Classe d'effet	Indice Triade-ESEE (Combinaison des cotes)	Classe d'effet
5.5.5			
5.5.4		4.3.3	
5.5.3		4.3.2	
5.5.2		4.3.1	
5.5.1	Très élevé	4.2.2	
5.4.4		4.2.1	Modéré
5.4.3		4.1.1	
5.4.2		3.3.3	
5.4.1		3.3.2	
5.3.3		3.3.1	
5.3.2		3.2.2	
5.3.1		3.2.1	
5.2.2		3.1.1	Faible
5.2.1	Élevé	2.2.2	
5.1.1		2.2.1	
4.4.4		2.1.1	
4.4.3		1.1.1	Nul
4.4.2			
4.4.1			

7.4 Résultats

Le tableau 19 présente les valeurs des cotes Triade-ESEE des trois éléments constitutifs de l'indice Triade-ESEE ainsi que la valeur de l'indice. Pour faciliter l'interprétation de l'indice, l'ordre de présentation des cotes est toujours le suivant : benthos-poissons-toxicité. L'indice varie donc de 5.4.3 (usine Tembec, à Témiscaming, PP1094) à 1.1.2. (Compagnie de Papiers Stadacona ltée à Québec (PP1093) et Papiers de spécialités Eddy ltée, Papiers Scott ltée à Ottawa-Hull (PP1186)). Rappelons qu'un indice de 1.1.1 représente une usine n'ayant aucun effet et aucune toxicité. Le tiers des études (16/48) présentent au moins une cote supérieure à 3 soit une toxicité ou un effet sur le milieu élevé(e) ou très élevée(e). La fabrique Tembec à Témiscaming (PP1094) est celle qui présente les effets les plus importants dans le milieu récepteur malgré une toxicité sous-létale modérée. Il s'agit de la seule fabrique à présenter des effets élevés ou très élevés à la fois sur les deux composantes.

Soulignons également que parmi les 5 premières études en eau douce, on retrouve deux fabriques (J. Ford ltée à Portneuf (PP1187) et Pâte Mohawk ltée à St-Antonin (PP 1182)) qui ne comptent que sur un traitement primaire pour leur effluent. À l'opposé, environ le quart (13) des fabriques ne présentent que des effets faibles ou nuls sur le milieu récepteur.

L'indice d'intégration montre que les études de milieu sont assez cohérentes entre elles car plus de la moitié des études présentent des cotes de benthos et de poissons égales ou ne présentant qu'une différence de 1 seulement entre ces deux cotes. C'est lorsque les cotes de toxicité sont comparées à celles des études de milieux qu'on observe les plus grandes différences en particulier lorsqu'on compare avec le poisson. Les résultats du benthos semblent mieux concorder avec les résultats de toxicité.

Tableau 19 Valeurs des cotes et indice Triade-ESEE pour l'ensemble des études du cycle 2 au Québec.

No. de projet national	Nom des fabriques (localité)	Cote benthos	Cote poisson	Cote toxicité sous-létale	Indice Triade-ESEE (benthos-poissons-toxicité)	Classe d'effet
Eau douce						
PP1094	Tembec inc. (Témiscaming)	5	4	3	5,4,3	Très élevé
PP1191	Tembec, Groupe papiers, Usine St-Raymond (St-Léonard-de-Portneuf)	2	3	5	2,3,5	
PP1177	Compagnie Abitibi-Consolidated du Canada (Alma)	3	5	2	3,5,2	Élevé
PP1187	J. Ford ltée (Portneuf)	3	4	4	3,4,4	
PP1182	Pâte Mohawk ltée (St-Antonin)	4	2	4	4,2,4	
PP1145	Cascades Groupe Carton Plat inc. (Jonquière)	3	4	2	3,4,2	
PP1138	F.F. Soucy inc. (Rivière-du-Loup)	2	4	2	2,4,2	
PP1132	Compagnie Abitibi-Consolidated du Canada (Jonquière)	2	4	2	2,4,2	
PP1091	Compagnie Abitibi-Consolidated du Canada (Beaupré)	2	1	4	2,1,4	
PP1098	Emballages Smurfit-Stone Canada Inc. (La Tuque)	3	3	3	3,3,3	Modéré
PP1102	Emballages Smurfit-Stone Canada Inc. (Portage-du-Fort)	3	3	3	3,3,3	
PP1104	Compagnie Abitibi-Consolidated du Canada (Clermont)	3	3	3	3,3,3	
PP1184	Compagnie Abitibi-Consolidated du Canada (Amos)	3	2	3	3,2,3	
PP1148	Domtar inc. (Windsor)	3	2	3	3,2,3	
PP1092	Bowater Produits forestiers du Canada inc. (Donnaconna)	3	2	3	3,2,3	
PP1188	Papiers Scott ltée (Lennoxville)	3	ND	4	3,1,4	
PP1117	Cascades East-Angus inc., Division Cartech, Paperboard Industries Corp. (East-Angus)	ND	4	3	1,4,3	
PP1153	Papiers Masson ltée (Masson-Anger)	3	ND	3	3,1,3	Modéré
PP1147	Nortkraft Quévillon inc. (Lebel-sur-Quévillon)	3	ND	3	3,1,3	
PP1086	Papiers Fraser Nexfor (Thurso)	3	ND	3	3,1,3	
PP1179 & PP1183	Désencrages C.M.D. inc., Cascades Lupel inc. (Cap-de-la-Madeleine)	3	ND	3	3,1,3	
PP1135	Compagnie Abitibi-Consolidated du Canada (Shawinigan)	3	2	2	3,2,2	
PP1106	SFK Pâte S.E.N.C. (St-Félicien)	2	1	3	2,1,3	
PP1087	Kruger inc. (Trois-Rivières)	1*	1**	3	1,1,3	Faible
PP1136	Compagnie Abitibi-Consolidated du Canada (Grand-Mère)	1*	1**	3	1,1,3	
PP1178	EMCO ltée (Pont-Rouge)	1*	1**	3	1,1,3	
PP1114	Norampac inc. (Cabano)	2	2	2	2,2,2	

Fabriques	Nom des fabriques (localité)	Cote benthos	Cote poisson	Cote toxicité sous-létale	Indice Triade-ESEE (benthos-poissons-toxicité)	Classe d'effet
Eau douce (suite)						
PP1131	Kruger inc. (Bromptonville)	2	1	2	2,1,2	
PP1133	Bowater Produits Forestiers du Canada inc. (Dolbeau)	2	1**	2	2,1,2	
PP1197	Produits Desbiens inc. (Desbiens)	2	1**	2	2,1,2	Faible
PP1093	Compagnie de Papiers Stadacona ltée (Québec)	1*	1**	2	1,1,2	
PP1186	Papiers de spécialités Eddy ltée, Papiers Scott ltée (Ottawa-Hull)	1	1**	2	1,1,2	
PP1194	Cascades Groupe Tissu inc. (Lachute)	2	ND	3	2,1,3	
PP1208	Cascades inc. (Kingsey Falls)	2	ND	3	2,1,3	
PP1196	Papiers Scott ltée (Crabtree)	2	ND	2	2,1,3	
PP1181	Fibres Breakey (Breakeyville)	ND	2	3	1,2,3	
PP1137	Kruger Wayagamack inc. (Trois-Rivières)	ND	1**	3	1,1,3	Faible
PP1193	Spexel inc. (Beauharnois)	ND	1**	3	1,1,3	
PP1100	Uniforêt Tripap inc. (Trois-Rivières)	ND	1**	3	1,1,3	
PP1198	Cascades Groupe Papiers Fins inc. (St-Jérôme)	ND	ND	3	1,1,3	
PP1118	Bowater Produits forestiers du Canada inc. (Gatineau)	ND	ND	2	1,1,2	
Marin						
PP1561	Compagnie Abitibi-Consolidated du Canada (La Baie)	4	ND	5	4,1,5	Très élevé
PP1157	La Compagnie Gaspésia ltée (Chandler)	ND	ND	5	1,1,5	Élevé
PP1088	Compagnie Abitibi-Consolidated du Canada (Baie-Comeau)	3	3	4	3,3,4	
PP1201	Spruce Falls inc. (Matane)	3	2	4	3,2,4	Modéré
PP1101	Emballages Smurfit-Stone Canada inc. (New Richmond)	3	1	4	3,1,4	
PP1099	Emballages Smurfit-Stone Canada inc. (Matane)	1*	1**	3	1,1,3	Faible
PP1202	Uniforêt Scierie Pâte inc. (Port-Cartier)	1	1**	3	1,1,3	

Les résultats en grisé représentent les fabriques pour lesquelles il manque 1 ou 2 cotes. Dans ces cas la cote 1 a été attribuée.
*Fabriques n'ayant pas réalisé d'étude de benthos en raison de la faible étendue du panache et ou de l'impossibilité d'échantillonner
**Fabriques n'ayant pas réalisé d'étude de poissons en raison d'une zone de mélange inférieure à 250 m
ND : Non déterminé

Nous avons examiné la distribution des cotes de chaque étude. Lorsqu'on considère ces résultats selon les trois cotes prises individuellement, la majorité des fabriques montrent des effets modérés pour la toxicité et la communauté benthique (figure 25). En ce qui concerne les études de poisson, outre les 12 études non réalisées en raison d'un panache d'effluent inférieur à 250 m et pour lesquelles une cote de 1 a été attribuée, les résultats sont beaucoup plus variables, les effets variant surtout d'élevé (cote 4) à nul (cote 1). Ces résultats viennent confirmer les conclusions de l'évaluation nationale des résultats du cycle 2, du moins concernant l'habitat du poisson, où l'effet général pour l'ensemble des usines au Canada est une eutrophisation modérée du milieu récepteur en éléments nutritifs (Lowell et al., 2003).

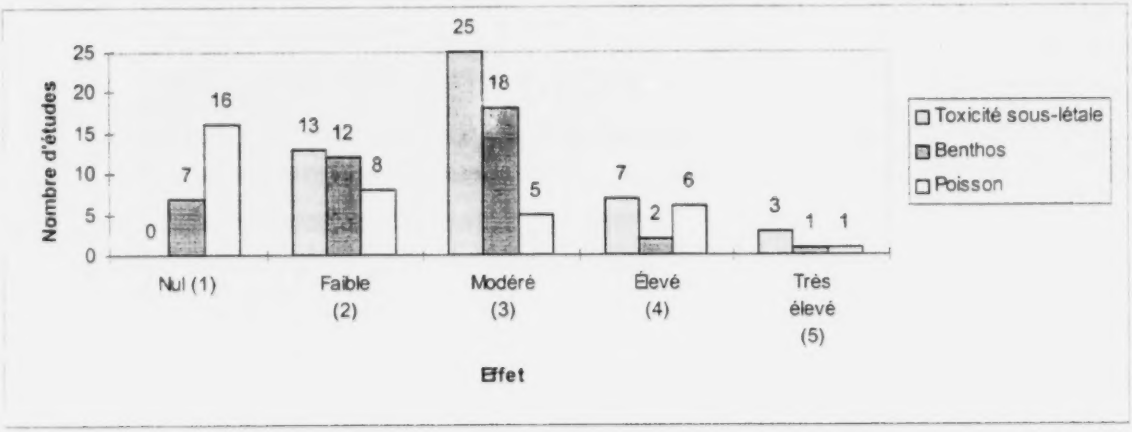


Figure 25 Distribution de la fréquence des valeurs de cotes Triade-ESEE dans chacun des volets d'étude (toxicité sous-létale, benthos et poissons).

8 Conclusion

Après deux cycles d'ESEE, on peut conclure à une diminution générale de la pollution aquatique causée par les effluents des fabriques de pâtes et papiers en raison principalement de la mise en place des systèmes de traitement secondaire par la presque totalité des fabriques dans la région du Québec. Cette réduction de la charge polluante des effluents a résulté en une amélioration des milieux affectés qui se manifeste plus particulièrement au niveau des communautés benthiques. Quant aux populations de poissons, peu de changements ont été observés à ce jour car l'amélioration des milieux récepteurs est trop récente. Les prochains cycles devraient montrer des effets positifs plus probants.

Les résultats obtenus pour le cycle 2 des ESEE au Québec et ailleurs au Canada nous permettent de constater qu'il subsiste néanmoins certains effets sur le milieu récepteur et tous les aspects à court et à long terme n'ont pas encore été élucidés parfaitement. À cet égard, il faut tenir compte d'un certain temps de réaction entre les changements apportés aux fabriques et les répercussions dans le milieu récepteur. Il convient donc de suivre ces changements sur plusieurs cycles d'observation. Le cycle 3 est déjà bien amorcé et fournira une nouvelle série de données dès 2004.

Contrairement au cycle 2 où de nombreuses modifications aux exigences des ESEE ont été nécessaires pour améliorer le programme suite aux recommandations de l'industrie et d'un groupe d'experts, le cycle 3 ne comporte que de légères modifications très spécifiques notamment concernant le contrôle de qualité et les variables d'appui. Ces modifications et les recommandations suggérées par le comité scientifique sont présentées en détails sur le site internet du bureau national (www.ec.gc.ca/eem/). De façon générale, les exigences de base du cycle 3 prévoient la réalisation des mêmes volets d'étude que pour le cycle 2.

9 Remerciements

Nous tenons à remercier les membres du comité aviseur qui ont participé à l'analyse des plans d'étude et à la révision des rapports d'interprétation durant le cycle 2 soit messieurs Claude Langlois, Raymond Chabot, Alan Willsie, Jacques Sénéchal, Donald Saint-Laurent, madame Francine Perron ainsi que monsieur Jean Munro. Nous remercions également le comité Environnement du Conseil de l'industrie Forestière du Québec (CIFQ) et le bureau national des ESEE pour la révision d'une version préliminaire de ce rapport. Enfin, nous adressons nos remerciements à mesdames Sylvie Sirois et Isabelle Matteau qui ont activement participé à la préparation de ce rapport.

10 Références

Adams, S.M., Brown, A.M., and R.W. Goede, 1993. A quantitative health assessment index for rapid evaluation of fish condition in the field. Trans. Amer. Fish. Soc. 122:63-73.

AIFQ, 2002. Coup d'œil 2001. L'industrie des pâtes et papiers. Association des industries forestières du Québec, Sainte-Foy, Québec.

Bombardier, M. et C. Blaise, 2000. Comparative Study of the Sediment-Toxicity Index, Benthic Community Metrics and Contaminant Concentrations. Water Qual. Res. J. Canada, 35(4) : 753-780.

Bonsor, N., N. McCubbin and J.B. Sprague. 1988. Kraft mill effluents in Ontario. Prepared for the Ontario Ministry of the Environment. 260 pp. (Report 98).

Borton, D. L., W. R. Streblow, W. K. Bradley, T. Bousquet, P. A. Van Veld, R. E. Wolke and A. H. Walsh, 1996. Survival, growth, production and biomarker responses of fish exposed to high-substitution bleached Kraft mill effluent in experimental streams. P. 473-481. In : Servos, M. R, K. R. Munkittrick, J. H. Carey and G. J. Van Der Kraak (eds). Environmental fate and effects of pulp and paper mill effluents. St. Lucie Press, Delray Beach, Florida.

Carlberg, G. E. and T. R. Stuthridge, 1996. Environmental fate and distribution of substances. P. 169-178. In : Servos, M. R, K. R. Munkittrick, J. H. Carey and G. J. Van Der Kraak (eds). Environmental fate and effects of pulp and paper mill effluents. St. Lucie Press, Delray Beach, Florida.

Chapman, P. M. 1986. Sediment quality criteria from the Sediment Quality Triad - an example. Environ. Toxicol. Chem. 5 : 957-964.

Chapman, P. M. 1992. Chapter Ten : Sediment Quality Triad Approach; p: 10-1 à 10-18. In : U.S. Environmental Protection Agency, Sediment Oversight Technical Committee (eds). Sediment classification methods compendium. EPA 823-R-92-006. Washington, D.C. September 1992, 226 p.

Culp, J.M., C.L. Podemski and K.J. Cash. 2000. Interactive effects of nutrients and contaminants from pulp mill effluents on riverine benthos. J. Aquat. Ecosyst. Stress Recov. 8 : 67-75.

Davis, W.S. and J.E. Lathrop. 1992. Chapter Eight : Freshwater benthic macroinvertebrate community structure and function. P 8-1 - 8-26. In : U.S. Environmental Protection Agency, Sediment Oversight Technical Committee (eds). Sediment classification methods compendium. EPA 823-R-92-006. Washington, D.C. September 1992, 226 p.

Environnement Canada, 1990a. Méthode d'essai biologique : Méthode de référence pour la détermination de la létalité aiguë d'effluents chez la truite arc-en-ciel. Conservation et Protection, Ottawa, Rapport SPE 1/RM/13 et ses modifications successives, 18p.

Environnement Canada, 1990b. Méthode d'essai biologique : Méthode de référence pour la détermination de la létalité aiguë d'effluents chez *Daphnia magna*. Conservation et Protection, Ottawa, Rapport SPE 1/RM/14 et ses modifications successives, 18p.

Environnement Canada, 1992a. Exigences en matière de surveillance des incidences environnementales sur le milieu aquatique. Annexe 1. Suivi des effets sur l'environnement aquatique par les fabriques de pâtes et papiers et les installations extérieures de traitement visées par le *Règlement sur les effluents des fabriques de pâtes et papiers* de la *Loi sur les pêches*.

Environnement Canada, 1992b. Méthode d'essai biologique : essai d'inhibition de la croissance de l'algue d'eau douce *Selenastrum capricornutum*. Environnement Canada, Ottawa, Ontario. Rapport SPE 1/RM/25.

Environnement Canada, 1992c. Méthode d'essai biologique : essai sur la fécondation chez les échinidés (oursins verts et oursins plats). Environnement Canada, Ottawa, Ontario. Rapport SPE 1/RM/27.

Environnement Canada, 1992d. Méthode d'essai biologique : essai de reproduction et de survie sur le cladocère *Ceriodaphnia dubia*. Environnement Canada, Ottawa, Ontario. Rapport SPE 1/RM/21.

Environnement Canada, 1992e. Méthode d'essai biologique : essai de croissance et de survie sur des larves de Tête-de-boule. Environnement Canada, Ottawa, Ontario. Rapport SPE 1/RM/22.

Environment Canada, 1997a. Fish Survey Expert Working Group Report. EEM/1997/6. Recommandations from cycle 1 Review. EEM/1997/2.

Environnement Canada, 1997b. Exigences en matière de suivi des effets sur l'environnement aquatique. ESEE/1997/1.

Environnement Canada, 1997c. Exigences en matière de suivi des effets sur l'environnement aquatique par les fabriques de pâtes et papiers. Annexe 1 au ESEE/1997/1 (10/15/97).

Environnement Canada. 1997e. Benthic invertebrate community expert working group final report. Recommandations from Cycle 1 review. EEM/1997/7.

Environnement Canada, 1998. Guide technique pour l'étude du suivi des effets sur l'environnement aquatique pour les fabriques de pâtes et papiers. Environnement Canada. ESEE/1998/1 avril 1998.

Environment Canada, 1999. Session C. Approaches for Weight of Evidence Interpretation. In : Proceedings - Workshop on Integrated Approaches for Interpreting Environmental Effects Monitoring Data., 63-87.

Gagnon, M. M., D. Bussières, J. J. Dodson and P. V. Hodson, 1995. White sucker (*Catostomus commersoni*) growth and sexual maturation in pulp mill-contaminated and reference rivers. Environmental Toxicology and Chemistry 14 (2) : 317-327.

GDG CONSEIL INC., 2000. Rapport d'interprétation, 2^{e} cycle des ESEE. Tembec Inc., Témiscaming. 88 p. + annexes.

Gibbons, W. M. and K. R. Munkittrick, 1994. A sentinel monitoring framework for identifying fish population responses to industrial discharges. Journal of Aquatic Ecosystem Health 3 : 227-237.

Hellawell, J. M., 1986. Biological Indicators of Freshwater Pollution and Environmental Management. Pollution Monitoring Series. Elsevier Applied Science Publishers, 546 p.

Hodson, P.V., McWhirter, M., Ralph, K., Gray, B., Thivierge, D., Carey, J. H., Van Der Kraak, G., Whittle, D. M. and M.-C. Levesque, 1992. Effects of Bleached Kraft Mill Effluent on Fish in the St. Maurice River, Québec. Environ. Toxico. Chem. 11 :1635-1651.

Karr, J. R., 1981. Assessment of biotic integrity using fish communities. Fisheries 6(6):21-27.

Kovacs, T. G., P. H. Martel and R.H. Voss, 2001. A comparative study of sentinel species and community based field methods for assessing the biological status of fish in a river receiving pulp and paper mill effluents. Pulp and paper research institute of Canada (Paprican).

Langlois, C. et N. Dubuc, 1999. Études de suivi des effets sur l'environnement (ESEE) des fabriques de pâtes et papiers : synthèse des résultats des 47 études réalisées au Québec dans le cadre du cycle 1. Environnement Canada, Direction de la Protection de l'environnement, Montréal, 66p. et annexes.

Lowell, R.B., 1997. Discussion paper on critical effect size guidelines for EEM using benthic invertebrate communities. National EEM Office, Science Policy and Environmental Quality Branch, Environment Canada, Ottawa, Ontario (EEM/1997/8).

Lowell, R.B., J.M. Culp, F.J. Wrona and M.L. Bothwell. 1996. Effects of pulp mill effluent on benthic freshwater invertebrates : food availability and stimulation of increased growth and development. In : M.R. Servos, K.R. Munkittrick, J.H. Carey and G.L. Van der Kraak (eds.), environmental fate and effects of pulp and paper mill effluents. St. Lucie, Delray Beach, Florida. Pp. 525-532.

Lowell, R.B., S. Ribey, I. Khouzam Ellis, L. Grapentine, M. McMaster, K. Munkittrick & R. Scroggins, 2003 (sous presse). National Assessment of the Pulp and Paper Environmental Effects Monitoring Data. Environment Canada, National Environmental Effects Monitoring Office. 124 p.

Luthe, C. E., 1996. Progress in reducing dioxins and AOX : a canadian perspective. Miscellaneous Report. Pulp and Paper Research Institute of Canada (Paprican), 11 p.

McMaster and K.R. Munkittrick, 2000. Papier Masson Mill Field Studies Examining Reproductive Function in Feral Fish - Research Program for Cycle II of the Environmental Effects Monitoring Program for the Papier Masson Mill in Masson, Quebec. 21p. et annexes.

McMaster et al., 2000a. Maclaren Mill Field Studies Examining Reproductive Function in Feral Fish - Research Program for Cycle II of the Environmental Effects Monitoring Program for the Thurso Mill in Thurso, Quebec. 26p. et annexes.

McMaster et al., 2000b. Field Studies Examining Reproductive Function in Feral Fish Downstream of the Bowater Pulp and Paper Canada Inc. Newsprint in Gatineau, Quebec. 23p. et annexes.

Ministère de l'Environnement du Québec, 2002. Bilan annuel de conformité environnementale. Secteur des pâtes et papiers, 2000. Ministère de l'environnement, Direction des politiques du secteur industriel, Service de l'assainissement des eaux, Québec.

Moody, M. 2002. Assessment of relationship betweenlaboratory sublethal toxicity and field measurementsthroughthe review of Ontario Region Environmental Effects Monitoring (EEM) studies SRC Publication No. 11415-1E01.

Muir, D. C. G. and M. R. Servos, 1996. Bioaccumulation of bleached Kraft pulp mill related organic chemicals by fish. P. 283-296. In : Servos, M. R, K. R. Munkittrick, J. H. Carey and G. J. Van Der Kraak (eds). Environmental fate and effects of pulp and paper mill effluents. St. Lucie Press, Delray Beach, Florida.

Munkittrick, K. R., Portt, C. B., Van Der Kraak, G. J., Smith, I. R. et D.A. Rokosh,1991. Impact of Bleached Kraft Mill Effluent on Population Characteristics, Liver MFO Activity and Serum Steroid Levels of a Lake Superior white sucker (*Catostomus commersoni*) population. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 48 :1371-1380.

Munkittrick, K. R., Van Der Kraak, G. J., McMaster, M. E., Portt, C. B., Van Den Heuvel, M. R. et M.R. Servos, 1994. Survey of Receiving Water Environmental Impacts Associated With Discharges From Pulp Mills. 2. Gonad Size, Liver Size, Hepatic EROD Activity, and Plasma Six Steroid Levels in White Sucker. Environ. Toxicol. Chem. 13 : 1089-1101.

Munkittrick, K. R. and M. E. McMaster, 2000. Effects-driven assessment of multiple stressors using fish populations. P. 27-65. In : Ferenc, S.A. and J. A. Foran (eds). Multiple stressors in ecological risk and impact assessment : approaches to risk estimation. Special publication of SETAC Press, Pensacola, Florida.

Munkittrick, K. R., McMaster, M. E., Van Der Kraak, G. J., Portt, C.B., Gibbons, W., Farwell, A. and M. Gray, 2000. Development of methods for effects-based cumulative effects assessment using fish populations : Moose River project. SETAC Press, Pensacola, Florida.

Munkittrick, K. R., S. A. McGeachy, M. E. McMaster and S. C. Courtenay, 2002. Overview of freshwater fish studies from the pulp and paper environmental effects monitoring program. Water Quality Research Journal of Canada. 37(1) : 49-77.

Parker, R. et C. Dumaresq, 2002. Effluent Characterization, Water Quality Monitoring and Sediment Monitoring in the Metal Mining EEM Program. Water Qual. Res. J. Canada, 37(1) : 219-228.

Pearson, T. H. et R. Rosenberg, 1978. Macrobenthic succession in relation to organic enrichment and pollution of the marine environment. Oceanogr. Mar. Biol., 16 : 229-311.

Plam, H., Paasivirta, J. et Lammi, R., 1995. Behaviour of chlorinated phenolic compounds in bleach-plant, treatment-system and archipelago area. Chemosphere 31 : 2839-2852.

Richard, Y., 1996. Le bassin versant de la rivière Saint-François: les communautés ichtyologiques et l'integrité biotique du milieu. Ministère de l'Environnement et de la Faune, Direction des écosystèmes aquatiques, Envirodoq no. EN960254, rapport no. EA-3, 70p.

Sandström, O., 1996. *In situ* assessment of the impact of pulp mill effluent on life-history variables in fish. P. 449-457. In : Servos, M. R, K. R. Munkittrick, J. H. Carey and G. J. Van Der Kraak (eds). Environmental fate and effects of pulp and paper mill effluents. St. Lucie Press, Delray Beach, Florida.

Sanexen, 1999. Modélisation et cartographie de la dispersion de l'effluent de l'usine Paperboard Jonquière.

Scott, W. B. et E. J. Crossman, 1974. Les poissons d'eau douce du Canada. Ministère de l'environnement. Ottawa. Bulletin 184. 1026 p.

Servos, M. R., Muir, D. C. G. et G.R.B. Webster, 1992. The environmental fate of polychlorinated dibenzo-ρ- dioxins in lake enclosures. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 49 : 722-734.

Sibley, P. K., D. G. Dixon and D. R. Barton, 2001. Impact of bleached Kraft pulp mill efluent on the Nearshore benthic community of Jackfish Bay, Lake Superior. Water Quality Research Journal of Canada. 36(4) : 815-833.

Swanson, S. M., R. Schryer and B. Firth, 1996. Whole organism and population response of sentinel fish species in a large river receiving pulp mill effluents. P. 557-569. In : Servos, M. R, K. R. Munkittrick, J. H. Carey and G. J. Van Der Kraak (eds). Environmental fate and effects of pulp and paper mill effluents. St. Lucie Press, Delray Beach, Florida.

U.S. EPA (United States Environmental Protection Agency), 1994. Short-Term Methods for Estimating the Chronic Toxicity of Effluent and Receiving Water to Marine and Estuarine Organisms, Second Edition. U.S. Environmental Protection Agency, Cincinnati, Ohio, Report EPA/600/4-91/003.

U.S. EPA (United States Environmental Protection Agency), 1995. Short-Term Methods for Estimating the Chronic Toxicity of Effluents and Receiving Waters to West Coast Marine and Estuarine Organisms. First Edition. U.S. Environmental Protection Agency, Cincinnati, Ohio, Report EPA/600/R-95-136.

Walker, S. L., Hedley, K. & E. Porter, 2002. Pulp and Paper Environment Effects Monitoring in Canada : An Overview. Water Qual. Res. J. Canada, 37(1) : 7-19.

Willsie, A., 1993. Adaptation of the Invertebrate Community Index (ICI) to the benthos of the St Lawrence river. In : Baddaloo, E.G., S. Ramamoorthy and J.W. Moore (eds). Comptes rendus du 19ème atelier annuel sur la toxicité aquatique - 4 au 7 octobre 1992, Edmonton, Alberta. Rapp. Tech. Can. Sci. Halieut. Aquat., 1942 : 224-253.

Winemiller, K. O and K. A. Rose, 1992. Patterns of life history diversification in North American fishes : implications for population regulation. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences 49 : 2196-2218.

Zar, J.H. 1996. Biostatistical analysis, 3rd edition. Prentice Hall, Upper Saddle River, NJ. 662 p et annexes.

Annexe 1 Liste des fabriques ayant complété une étude ESEE au Cycle 2

No. de projet National	Nom des fabriques	Nom des fabriques Cycle 1	Division	Localité
PP1086	Papiers Fraser Nexfor	Les Industries James MacLaren inc.	Division Pâte Kraft	Thurso
PP1087	Kruger inc.	Kruger inc.		Trois-Rivières
PP1088	Compagnie Abitibi-Consolidated du Canada	QUNO	Division Baie-Comeau	Baie-Comeau
PP1091	Compagnie Abitibi-Consolidated du Canada	Abitibi-Price inc.		Beaupré
PP1092	Bowater Produits forestiers du Canada inc.	Produits Forestiers Alliance inc.		Donnacona
PP1093	Compagnie de Papiers Stadacona ltée	Daishowa inc.		Québec
PP1094	Tembec inc.	Tembec inc.		Témiscaming
PP1098	Emballages Smurfit-Stone Canada Inc.	Cartons St-Laurent inc.		La Tuque
PP1099	Emballages Smurfit-Stone Canada Inc.	Cartons Saint-Laurent inc.		Matane
PP1100	Uniforêt Tripap inc.	Tripap inc.		Trois-Rivières
PP1101	Emballages Smurfit-Stone Canada Inc.	Emballages Stone inc.	Division Chaleur	New-Richmond
PP1102	Emballages Smurfit-Stone Canada inc.	Emballages Stone inc.	Division Pontiac	Portage- du-Fort

Annexe 1 Liste des fabriques ayant complété une étude ESEE au Cycle 2

No. de projet National	Nom des fabriques	Nom des fabriques Cycle 1	Division	Localité
PP1104	Compagnie Abitibi-Consolidated du Canada	Produits Forestiers Donohue inc.	Division Clermont	Clermont
PP1106	SFK Pâte S.E.N.C.	Produits Forestiers Donohue inc.	Division St-Félicien	St-Félicien
PP1114	Norampac inc.	Cascades inc.	Division Cabano	Cabano
PP1117	Cascades East-Angus inc., Division Cartech, F[illegible] Industries Corp.	Cascades East-Angus inc., Cascades Cartech	Cartech	East-Angus
PP1118	Bowater Produits forestiers du Canada inc.	Avenor		Gatineau
PP1131	Kruger inc.	Kruger inc.		Bromptonville
PP1132	Compagnie Abitibi-Consolidated du Canada	Abitibi-Price inc.	Kénogami	Jonquière
PP1133	Bowater Produits Forestiers du Canada inc.	Produits Forestiers Alliance inc.		Dolbeau
PP1135	Compagnie Abitibi-Consolidated du Canada	Stone-Consolidated	Belgo	Shawinigan
PP1136	Compagnie Abitibi-Consolidated du Canada	Stone-Consolidated	Laurentide	Grand-Mère
PP1137	Kruger Wayagamack Inc.	Stone-Consolidated	Wayagamack	Trois-Rivières
PP1138	F.F. Soucy inc.	F.F. Soucy inc.		Rivière-du-Loup

Annexe 1 Liste des fabriques ayant complété une étude ESEE au Cycle 2

No. de projet National	Nom des fabriques	Nom des fabriques Cycle 1	Division	Localité
PP1145	Cascades Groupe Carton Plat inc.	Cascades inc.	Division Paperboard Jonquière	Jonquière
PP1147	Nortkraft Quévillon inc.	Domtar		Lebel-sur-Quévillon
PP1148	Domtar inc.	Domtar	Papiers de communication Domtar, centre d'affaires Windsor	Windsor
PP1153	Papiers Masson Ltée	Les Industries James MacLaren inc.	Division du papier journal	Masson-Angers
PP1157	La Compagnie Gaspésia Ltée	La Compagnie Gaspésia	Une filiale d'Abitibi-Consolidated inc.	Chandler
PP1177	Compagnie Abitibi-Consolidated du Canada	Abitibi-Price inc.		Alma
PP1178	EMCO ltée	BPCO		Pont-Rouge
PP1183 PP1179	Désencrages C.M.D. inc., Cascades Lupel inc.	Désencrages C.M.D., Cascades Lupel inc.		Cap-de-la-Madeleine
PP1181	Fibres Breakey	Cascades inc.		Breakeyville
PP1182	Pâte Mohawk ltée	Pâte Mohawk ltée		St-Antonin
PP1184	Compagnie Abitibi-Consolidated du Canada	Donohue inc.	Division Amos	Amos
PP1186	Papiers de spécialités Eddy ltée, Papiers Scott ltée	E.B.Eddy ltée, Papier Scott ltée	Division de Domtar	Ottawa-Hull
PP1187	J.Ford ltée	J.Ford ltée		Portneuf

Annexe 1 Liste des fabriques ayant complété une étude ESEE au Cycle 2

No. de projet National	Nom des fabriques	Nom des fabriques Cycle 1	Division	Localité
PP1188	Papiers Scott ltée	Scott ltée		Lennoxville
PP1191	Tembec, Groupe papiers, Usine St-Raymond	Mallette Québec inc.	Division de Mallette Québec Inc	St-Léonard-de-Portneuf
PP1193	Spexel inc.	Domtar inc.		Beauharmois
PP1194	Cascades Groupe Tissu inc.	Perkins ltée	Division Lachute	Lachute
PP1196	Papiers Scott ltée	Scott ltée		Crabtree
PP1197	Produits Desbiens inc.	Produits Desbiens inc.		Desbiens
PP1198	Cascades Groupe Papiers Fins inc.	Cascades Rolland inc.		St-Jérome
PP1201	Spruce Falls Inc.	Donohue inc.		Matane
PP1202	Uniforêt Scierie Pâte Inc.	Uniforêt Scierie Pâte Inc.		Port-Cartier
PP1208	Cascades inc.	Cascades inc.	Recherche et Développement	Kingsey Falls
PP1561	Compagnie Abitibi-Consolidated du Canada	Stone-Consolidated	Port Alfred	La Baie

Annexe 2 Caractéristiques des fabriques de pâtes et papiers du Québec

No. de projet National	Nom des fabriques	Localité	Produit	Procédés de fabrication	Type de blanchiment	Type de traitement des effluents	Traitement secondaire (Entrée en Fonction)
PP1086	Papiers Fraser Nexfor	Thurso	Kraft	Kraft	Chlore, Bioxyde de chlore	Boues activées	15 juin-95
PP1087	Kruger inc.	Trois-Rivières	Papier journal, Papier couché, Papier spécialité	**Pâte mécanique, thermo-mécanique**, kraft, désencrée	aucun	Boues activées	sept-95
PP1088	Compagnie Abitibi-Consolidated du Canada	Baie-Comeau	Papier journal	**Pâte chimico-thermo-mécanique**, Pâte thermo-mécanique, recyclée	nd	Boues activées	sept-95
PP1091	Compagnie Abitibi-Consolidated du Canada	Beaupré	Papier spécialité	**Pâte thermo-mécanique**, Kraft, Recyclée	Hydrosulfite de sodium, Peroxyde	Boues activées	juin-95
PP1092	Bowater Produits forestiers du Canada inc.	Donnacona	Papier spécialité	Pâte chimico-thermo-mécanique	Peroxyde, Hydrosulfite de sodium	Boues activées	juil-95
PP1093	Compagnie de Papiers Stadacona ltée	Québec	Carton, Papier journal, Papier spécialité	**Pâte thermo-mécanique**, Recyclée et désencrée	nd	Boues activées + oxygène	sept-95
PP1094	Tembec inc.	Témiscaming	Cellulose usage spécial, alcool	Pâte bisulfite haut rendement, **pâte chimico-thermo-mécanique**	nd	Boues activées	juil-95
PP1098	Emballages Smurfit-Stone Canada inc.	La Tuque	Carton	Kraft	Bioxyde de chlore	Boues activées + oxygène	sept-95

Gras : catégorie dominante de procédés de fabrication retenue pour l'étude
na : non applicable
nd : non déterminé

Annexe 2 Caractéristiques des fabriques de pâtes et papiers du Québec

No. de projet National	Nom des fabriques	Localité	Produit	Procédés de fabrication	Type de blanchiment	Type de traitement des effluents	Traitement secondaire (Entrée en Fonction)
PP1099	Emballages Smurfit-Stone Canada inc.	Matane	Carton	Pâte semi-chimique	nd	Traitement primaire	na
PP1100	Uniforêt Tripap inc.	Trois-Rivières	Papier spécialité	nd	Peroxyde	Boues activées	août-95
PP1101	Emballages Smurfit-Stone Canada inc.	New-Richmond	Carton	Kraft	aucun	Bassins d'aération	27 sept-95
PP1102	Emballages Smurfit-Stone Canada inc.	Portage- du-Fort	Kraft	Kraft	Chlore, Bioxyde de chlore, Hypochlorite de sodium, Peroxyde	Bassins d'aération	1967
PP1104	Compagnie Abitibi-Consolidated du Canada	Clermont	Papier spécialité	**Pâte thermo-mécanique** et désencrée	nd	Boues activées	août-95
PP1106	SFK Pâte S.E.N.C.	St-Félicien	Kraft	Kraft	Bioxyde de chlore	Bassins d'aération	15 sept-95
PP1114	Norampac inc.	Cabano	Papier ondulé	Mi-chimique sans soufre	aucun	Bassins d'aération	1976
PP1117	Cascades East-Angus inc., Division Cartech, Paperboard Industries Corp.	East-Angus	Papier spécialité, Carton	**Kraft**, recyclée	Pâte recyclée blanchie au peroxyde et/ou hydrosulfite de sodium	Bassin aéré	août-95
PP1118	Bowater Produits forestiers du Canada inc.	Gatineau	Papier journal	**Pâte thermo-mécanique**, Recyclée	nd	Boues activées + Oxygène	juil-95
PP1131	Kruger inc.	Bromptonville	Papier journal	**Pâte thermo-mécanique**, Recyclée et désencrée	Hydrosulfite de sodium	Réacteur biologique séquentiel	août-95
PP1132	Compagnie Abitibi-Consolidated du Canada	Jonquière	Pâte moulée, Pâte thermo-mécanique	Pâte mécanique, Pâte thermo-mécanique	Hydrosulfite de sodium	Boues activées	juil-95

Gras : catégorie dominante de procédés de fabrication retenue pour l'étude
na : non applicable
nd : non déterminé

Annexe 2 Caractéristiques des fabriques de pâtes et papiers du Québec

No. de projet National	Nom des fabriques	Localité	Produit	Procédés de fabrication	Type de blanchiment	Type de traitement des effluents	Traitement secondaire (Entrée en Fonction)
PP1133	Bowater Produits forestiers du Canada inc.	Dolbeau	Papier journal, Papier spécialité	Pâte chimico-thermo-mécanique	Peroxyde, Hydrosulfite de sodium	Boues activées	oct-95
PP1135	Compagnie Abitibi-Consolidated du Canada	Shawinigan	Papier journal	Pâte thermo-mécanique, **Pâte chimico-thermo-mécanique**, Pâte désencrée	Hydrosulfite de sodium	Réacteur biologique séquentiel	22 sept-95
PP1136	Compagnie Abitibi-Consolidated du Canada	Grand-Mère	Papier spécialité	Pâte mécanique, **Pâte chimique** haut rendement, Pâte Kraft	Hydrosulfite de sodium	Réacteur biologique séquentiel	juil-95
PP1137	Kruger Wayagamack Inc.	Trois-Rivières	Papier spécialité	Pâte mécanique, **Kraft**	Bioxyde de chlore, Hydroxyde de sodium et peroxyde	Réacteur biologique séquentiel	sept-95
PP1138	F.F. Soucy inc.	Rivière-du-Loup	Papier journal	Pâte thermo-mécanique	Hydrosulfite de sodium, Peroxyde	Boues activées	juil-95
PP1145	Cascades Groupe Carton Plat inc.	Jonquière	Carton	**Pâte thermo-mécanique**, Recyclée	aucun	Boues activées	sept-95
PP1147	Norkraft Quévillon Inc.	Lebel-sur-Quévillon	Kraft	Kraft	Bioxyde de chlore, Chlore	Boues activées	sept-95
PP1148	Domtar Inc.	Windsor	Kraft, Papier spécialité	Kraft	Bioxide de chlore	Bassins d'aération	1987
PP1153	Papier Masson ltée	Masson-Angers	Papier journal	Pâte mécanique, **Pâte bisulfite haut rendement**	Hydroxyde de sodium	Boues activées	juin-95
PP1157	La Compagnie Gaspésia Ltée	Chandler	Papier journal	Pâte mécanique, **Pâte bisulfite haut rendement**, kraft, désencrée	nd	Boues activées	août-95

Gras : catégorie dominante de procédés de fabrication retenue pour l'étude
na : non applicable
nd : non déterminé

Annexe 2 Caractéristiques des fabriques de pâtes et papiers du Québec

No. de projet National	Nom des fabriques	Localité	Produit	Procédés de fabrication	Type de blanchiment	Type de traitement des effluents	Traitement secondaire (Entrée en Fonction)
PP1177	Compagnie Abitibi-Consolidated du Canada	Alma	Papier spécialité, Papier journal	**Thermo-mécanique**, désencrée, kraft	nd	Boues activées	juil-95
PP1178	EMCO Ltée	Pont-Rouge	Papier spécialité, Panneaux fibres bois	**Pâte thermo-mécanique**, Recyclée	nd	Boues activées	juil-95
PP1183 PP1179	Papier Cascade Lupel inc. et Désencrage CMD inc.	Cap-de-la-Madeleine	Papier spécialité, Pâte désencrée	Recyclée	aucun	aucun (Lupel), Boues activées (CMD)	1994
PP1181	Fibres Breakey	Breakeyville	Kraft	Désencrée	Peroxyde d'hydrogène, hydrosulfite de sodium	Boues activées	oct-94
PP1182	Pâte Mohawk ltée	St-Antonin	Pâte moulée	Pâte mécanique	nd	Traitement primaire (membrane)	sept/oct-95
PP1184	Compagnie Abitibi-Consolidated du Canada	Amos	Papier journal	Pâte thermo-mécanique	Hydrosulfite de sodium	Boues activées	août-93
PP1186	Papiers de spécialité Eddy ltée, Papiers Scott ltée	Ottawa-Hull	Papier fin, Papier tissu	nd	nd	Biofiltre	oct-95
PP1187	J.Ford ltée	Portneuf	Papier spécialité, Carton	Mécanique thermomécanique	nd	Traitement primaire (tamisage)	Na
PP1188	Papiers Scott ltée	Lennoxville	Papier hygiénique	Kraft et désencrée	nd	Traitement primaire (décanteur)	na
PP1191	Tembec, Groupe papiers, Usine St-Raymond	St-Léonard, Cté Portneuf	Papier spécialité	"Alkaline Peroxyde Mechanical Pulp"	Hydrosulfite de sodium	Boues activées	1991

Gras : catégorie dominante de procédés de fabrication retenue pour l'étude
na : non applicable
nd : non déterminé

Annexe 2 Caractéristiques des fabriques de pâtes et papiers du Québec

No. de projet National	Nom des fabriques	Localité	Produit	Procédés de fabrication	Type de blanchiment	Type de traitement des effluents	Traitement secondaire (Entrée en Fonction)
PP1193	Spexel inc.	Beauharmois	Papier spécialité et de sécurité	nd	nd	Réacteur biologique séquentiel	août-95
PP1194	Cascades Groupe Tissu inc.	Lachute	Papier tissu	Pâte recyclée	aucun	Réacteur biologique séquentiel (Boues activées depuis fév-99)	sept-95
PP1196	Papiers Scott ltée	Crabtree	Pâte recyclée, Papier hygiénique	Recyclée	nd	Boues activées	1991
PP1197	Produits Desbiens inc.	Desbiens	Carton	na	na	Traitement primaire (Poséidon)	na
PP1198	Cascades Groupe Papiers Fins inc.	St-Jérôme	Papier fin	na	na	Bassins d'aération	sept-95
PP1201	Spruce Falls inc.	Matane	Pâte	Pâte chimico-thermo-mécanique	Peroxyde	Boues activées	juin-95
PP1202	Uniforêt Scierie Pâte Inc.	Port-Cartier	Pâte	Pâte chimico-thermo-mécanique	Peroxyde	Boues activées	nov-96
PP1208	Cascades inc.	Kingsey Falls	Pâte moulée, Carton, Papiers tissu	Pâte recyclée, désencrée	Peroxyde d'hydrogène et/ou hydrosulfite de sodium (seule une partie de la pâte servant au papier tissu est blanchie)	Boues activées	sept-95
PP1561	Compagnie Abitibi-Consolidated du Canada	La Baie	Papier journal	Pâte mécanique, Pâte thermo-mécanique, **Pâte bisulfite haut rendement**	aucun	Réacteur biologique séquentiel	sept-95

Gras : catégorie dominante de procédés de fabrication retenue pour l'étude
na : non applicable
nd : non déterminé

Annexe 3 Milieu récepteur et principales caractéristiques de l'étendue des zones de mélange de l'effluent

No. de projet national	Nom des fabriques (localité)	Milieu récepteur	Débit moyen annuel du milieu récepteur (m^3/s)	Débit moyen d'étiage 7Q10 (m^3/s)	Débit moyen annuel de l'effluent (m^3/j)	Étude de panache ou modélisation au cycle 2	Date de l'étude du panache ou modélisation	Longueur panache mesuré (m)	Longueur panache modélisé (m)	MES moyenne (kg/j)	DBO_5 moyenne (kg/j)	Production moyenne (t/j)
PP1086	Papiers Fraser Nexfor (Thurso)	Rivière des Outaouais	900	681	61775	Cx	1999	950	1520 (7Q10)	494	370	677
PP1087	Kruger inc. (Trois-Rivières)	Fleuve St-Laurent	11000	8822	57840	Cx	1999	225	250 (7Q10)	1227	310	1742
PP1088	Compagnie Abitibi-Consolidated du Canada (Baie-Comeau)	Fleuve St-Laurent	na	na	89347	Rwt	5 août 1998	1015 (montante) 629 (descendante)	1000	1563	945	1500
PP1091	Compagnie Abitibi-Consolidated du Canada (Beaupré)	Rivière des Vases	11,3	nd	19787	Cx	janvier 1997	700 (montante) 800 (descendante)	850 (montante) 1000 (descendante)	406	193	520
PP1092	Bowater Produits forestiers du Canada inc. (Donnacona)	Fleuve St-Laurent	12050	nd	33876	aucun		693 (montante) 750 (descendante)	487 (montante) 543 (descendante)	965	311	500
PP1093	Compagnie de Papiers Stadacona ltée (Québec)	Fleuve St-Laurent	12600	nd	81429	Calcul		66 (montante) 53 (descendante)		2907	2256	1400
PP1094	Tembec inc. (Témiscaming) (effluent TDE)	Rivière des Outaouais	683	229	85795	Cx	1999	500	34000 (étiage) 7300 (débit moyen)	16415	5369.9	1602.7
PP1098	Emballages Smurfit-Stone Canada inc. (La Tuque)	Rivière Saint-Maurice	516,1	261,7	132021	Rwt, Cx	juin 1998	345	950 (7Q10)	1116	719	1300
PP1099	Emballages Smurfit-Stone Canada inc. (Matane)	Fleuve St-Laurent	na	na	6543	aucun		50	0.21% à 200 m	103	446	400
PP1100	Uniforêt Tripap inc. (Trois-Rivières)	Fleuve St-Laurent	733 (st-maurice), 11598 (st-laurent)	7224	21585	Rwt	27 juillet 1999	175 (montante) 340 (descendante)		472	516	530

Cx : modèle Cormix; Rwt : Rhodamine wt
nd : non déterminé
Grisé : effluent rejeté en zones de marée

Annexe 3 Milieu récepteur et principales caractéristiques de l'étendue des zones de mélange de l'effluent

No. de projet national	Nom des fabriques (localité)	Milieu récepteur	Débit moyen annuel du milieu récepteur (m^3/s)	Débit moyen d'étiage 7Q10 (m^3/s)	Débit moyen annuel de l'effluent (m^3/j)	Étude de panache ou modélisation au cycle 2	Date de l'étude du panache ou modélisation	Longueur panache mesuré (m)	Longueur panache modélisé (m)	MES moyenne (kg/j)	DBO_5 moyenne (kg/j)	Production moyenne (t/j)
PP1101	Emballages Smurfit-Stone Canada inc. (New-Richmond)	Baie des Chaleurs	na	na	41898	Cx	1999	1060 (montante)	680 (montante) 956 (descendante)	4682	931	578
PP1102	Emballages Smurfit-Stone Canada inc. (Portage-du-Fort)	Rivière des Outaouais	1164	293,5	71281	Cx	08-99 et 09-99	800	570 (7Q10)	3353	1360.9	604
PP1104	Compagnie Abitibi-Consolidated du Canada (Clermont)	Rivière Malbaie	26,5	6.1	29193	aucun		10000		532	236	900
PP1106	SFK Pâte S.E.N.C. (St-Félicien)	Rivière Mistassini	461	138	52329	Rwt	16 août 1994	4100		2900	3464	822
		Rivière Ashuap-mushuan	303	nd		Rwt	10 et 11 août 1998	260				
PP1114	Norampac inc. (Cabano)	Rivière Cabano	2,56	0,276	10230	Cx	1999	1400	5% à 650 m (étiage estival)	243	65	450
PP1117	Cascades East-Angus inc., Division Cartech, Paperboard Industries Corp. (East-Angus)	Rivière St-François	78,6	10,3	3782	Cx	1998	160 (effluent principal) 60 (effluent	10000 (7Q10)	1147	2400.7	429
PP1118	Bowater Produits forestiers du Canada inc. (Gatineau)	Rivière des Outaouais	1200 (rdo), 125 (kettl)	400(rdo) 41.7(kett)	71679	Rwt	8 juillet 1998	2500	Le modèle Cormix ne simule pas adéquatement le panache 1%	1200	400	1122
PP1131	Kruger inc. (Bromptonville)	Rivière St-François	165	35	32983	Rwt, Calcul	août 1998	1950	22000 (7Q10)	1036	497.4	703
PP1132	Compagnie Abitibi-Consolidated du Canada (Jonquière)	Rivière Saguenay	136,3	12,6	43020	Rwt	3 août 1999	180	1500 (étiage)	674	205	658.9
PP1133	Bowater Produits Forestiers du Canada inc. (Dolbeau)	Rivière Mistassini	440	78,8	24240	Rwt, Cx	7 juillet 1998	140	85 (7Q10)	620	484.7	550

Cx : modèle Cormix; Rwt : Rhodamine wt
nd : non déterminé
Grisé : effluent rejeté en zones de marée

Annexe 3 Milieu récepteur et principales caractéristiques de l'étendue des zones de mélange de l'effluent

No. de projet national	Nom des fabriques (localité)	Milieu récepteur	Débit moyen annuel du milieu récepteur (m^3/s)	Débit moyen d'étiage 7Q10 (m^3/s)	Débit moyen annuel de l'effluent (m^3/j)	Étude de panache ou modélisation au cycle 2	Date de l'étude du panache ou modélisation	Longueur panache mesuré (m)	Longueur panache modélisé (m)	MES moyenne (kg/j)	DBO_5 moyenne (kg/j)	Production moyenne (t/j)
PP1135	Compagnie Abitibi-Consolidated du Canada (Shawinigan)	Rivière Shawinigan	9	nd	32747	Calcul	1999	800	1300	1000	731	1034
PP1136	Compagnie Abitibi-Consolidated du Canada (Grand-Mère)	Rivière St-Maurice	700	300	24007	aucun		50	70 (7Q10)	1008	672	970
PP1137	Kruger Wayagamack Inc. (Trois-Rivières)	Fleuve St-Laurent	733 (st-maurice), 11598 (st-laurent)	7224	70630	Cx	1998	200	230 (7Q10)	599	989	600
PP1138	F.F. Soucy inc. (Rivière-du-Loup)	Rivière du Loup	19,49	1,3	13900	Cx, Conductivité	12-10-99	800	6500	629	313	650
PP1145	Cascades Groupe Carton Plat inc. (Jonquière)	Rivière aux Sables	23,2	12,6	6149	Rwt, Cx	18 août 1998	175	250	755	218	391
PP1147	Nortkraft Quévillon inc. (Lebel-sur-Quévillon)	Rivière Quévillon (nd), Bell	266	132	79328	aucun		3300 (conductivité)	35000 (7Q10)	895	344	900
PP1148	Domtar Inc. (Windsor)	Rivière St-François	202	15	67836	Cx	1999	2400	80000 (7Q10)	5267	2154	1800
PP1153	Papier Masson ltée (Masson-Angers)	Rivière du Lièvre	165	85	36313	Rwt, Cx	29 août 1996	1400	1650 (7Q10)	1198	654	600
PP1157	La Compagnie Gaspésia Ltée (Chandler)	Baie des Chaleurs	na	na	13493	Cx	septembre 1996	250 (montante) 800 (descendante)	600 (montante) 1500 (descendante)	303	191.4	700
PP1177	Compagnie Abitibi-Consolidated du Canada (Alma)	Rivière Petite Décharge	123	10	45645	Cx	août 1999	1000	3200	500	439	752
PP1178	EMCO Ltée (Pont-Rouge)	Rivière Jacques-Cartier	61,3	21,8	2563	aucun		40		150	55.8	223.2
PP1183 PP1179	Papier Cascade Lupel inc. et Désencrage CMD inc. (Cap-de-la-Madeleine)	Fleuve St-Laurent	11871	nd	5378	aucun		825		633	237	137.4

Cx : modèle Cormix; Rwt : Rhodamine wt
nd : non déterminé
Grisé : effluent rejeté en zones de marée

Annexe 3 Milieu récepteur et principales caractéristiques de l'étendue des zones de mélange de l'effluent

No. de projet national	Nom des fabriques (localité)	Milieu récepteur	Débit moyen annuel du milieu récepteur (m^3/s)	Débit moyen d'étiage 7Q10 (m^3/s)	Débit moyen annuel de l'effluent (m^3/j)	Étude de panache ou modélisation au cycle 2	Date de l'étude du panache ou modélisation	Longueur panache mesuré (m)	Longueur panache modélisé (m)	MES moyenne (kg/j)	DBO_5 moyenne (kg/j)	Production moyenne (t/j)
PP1181	Fibres Breakey (Breakeyville)	Rivière Chaudière	116,04	6,9	970	Rwt, Cx	27 juillet 1999	165	3500 (7Q10)	36	10.7	125
PP1182	Pâte Mohawk ltée (St-Antonin)	Rivière du Loup	18,63	1,017	3049	aucun		540	100 (7Q10)	116	76.2	29
PP1184	Compagnie Abitibi-Consolidated du Canada (Amos)	Rivière Harricana	59.3	14.3	21680	aucun		700	82000 (7Q10)	422	125.6	500
PP1186	Papiers de spécialité Eddy ltée, Papiers Scott ltée (Ottawa-Hull)	Rivière des Outaouais	898	290	27000	Rwt	1997 et 1998	0.83% à 55 m	363 (7Q10)	850	600	636.4
PP1187	J.Ford ltée (Portneuf)	Rivière Portneuf	10,9	1,37	4681	aucun		90	3000 (7Q10)	194	357.4	158
PP1188	Papiers Scott ltée (Lennoxville)	Rivière St-François et Massawippi	90(st-fr), 30(massa)	14.8 (st-fr), 1.2 (massa)	3361	aucun		500	3500 (7Q10)	156	53.7	50
PP1191	Tembec, Groupe papiers, Usine St-Raymond (St-Léonard-de-Portneuf)	Rivière Ste-Anne	48,9	7,6	11521	aucun		350	100 000 (7Q10)	199	197	164
PP1193	Spexel inc. (Beauharnois)	Fleuve St-Laurent	8263	4223	4142	Cx	1999	465	450	58	33.14	60.5
PP1194	Cascades Groupe Tissu inc. (Lachute)	Rivière du Nord	25	7,06	1041	Cx	1996	95	205 (7Q10)	80	64.54	48
PP1196	Papiers Scott ltée (Crabtree)	Rivière Ouareau	13,9	2,7	21492	aucun		6000	8000 (7Q10)	213	72	445
PP1197	Produits Desbiens inc. (Desbiens)	Rivière Métabetchouane	48,8	12,9	2440	Cx	août 1999	60	100 (7Q10)	93	39	30
PP1198	Cascades Groupe Papier Fins inc. (St-Jérôme)	Rivière du Nord	23,46	4,38	6793	Cx	1998 et 1999		6500 (étiage estival)	590	282	460

Cx : modèle Cormix; Rwt : Rhodamine wt
nd : non déterminé
Grisé : effluent rejeté en zones de marée

Annexe 3 Milieu récepteur et principales caractéristiques de l'étendue des zones de mélange de l'effluent

No. de projet national	Nom des fabriques (localité)	Milieu récepteur	Débit moyen annuel du milieu récepteur (m^3/s)	Débit moyen d'étiage 7Q10 (m^3/s)	Débit moyen annuel de l'effluent (m^3/j)	Étude de panache ou modélisation au cycle 2	Date de l'étude du panache ou modélisation	Longueur panache mesuré (m)	Longueur panache modélisé (m)	MES moyenne (kg/j)	DBO_5 moyenne (kg/j)	Production moyenne (t/j)
PP1201	Spruce Falls inc. (Matane)	Fleuve St-Laurent	na	na	16730	aucun		700 (montante) 600 (descendante)	1000 (montante) 720 (descendante)	971	502	477
PP1202	Uniforêt Scierie Pâte Inc. (Port-Cartier)	Fleuve St-Laurent	na	na	16719	aucun		110	214	1386	535	499
PP1208	Cascades inc. (Kingsey Falls)	Rivière Nicolet Sud-Ouest	27,8	0,315	6160	Cx	1998	30	6000-6500 (étiage estival)	536	160.2	600
PP1561	Compagnie Abitibi-Consolidated du Canada (La Baie)	Rivière Saguenay (Baie Ha! Ha!)	na	na	43085	aucun		100 (montante) 720 (descendante)	1000 (marées extrêmes)	4356	2467	1031.15

Cx : modèle Cormix; Rwt : Rhodamine wt
nd : non déterminé
Grisé : effluent rejeté en zones de marée

Annexe 4 Résultats des essais de toxicité sous-létale (MGCI25) et létale (MGCL50) cycle 1 vs cycle 2

No. de projet national	Nom des fabriques (localité)	Cycle 1			Cycle 2				
		Selenastrum capricornutum MG-CI25	*Ceriodaphnia dubia* MG-CI25	*Pimephales promelas* MG-CI25	*Selenastrum capricornutum* MG-CI25	*Ceriodaphnia dubia* MG-CI25	*Pimephales promelas* MG-CI25	*Ceriodaphnia dubia* MG-CL50	*Pimephales promelas* MG-CL50
	EAUX DOUCES								
PP1086	Papiers Fraser Nexfor (Thurso)	3,0	7,6	8,0	58,8	43,3	100,0	100	100
PP1087	Kruger inc. (Trois-Rivières)	3,7	1,3	17,2	100,0	38,2	100,0	100	100
PP1091	Compagnie Abitibi-Consolidated du Canada (Beaupré)	ND	0,2	2,1	46,7	9,0	96,0	79,7	100
PP1092	Bowater Produits Forestiers du Canada inc. (Donnacona)	1,9	1,7	10,5	72,8	19,1	83,0	100	100
PP1093	Compagnie de Papiers Stadacona ltée (Québec)	39,7	5,0	19,7	100,0	100,0	90,2	100	100
PP1094	Tembec inc. (Témiscaming) (effluent TDE)	5,5	22,5	19,9	18,0	22,0	20,9	59,8	46,4
PP1098	Emballages Smurfit-Stone Canada inc. (La Tuque)	nd	12,6	17,2	30,2	59,2	97,0	100	100
PP1100	Uniforêt Tripap inc. (Trois-Rivières)	2,8	5,0	27,1	100,0	48,5	100,0	100	100
PP1102	Emballages Smurfit-Stone Canada inc. (Portage-du-Fort)	21,4	44,3	96,0	37,8	52,8	100,0	92,4	100
PP1104	Compagnie Abitibi-Consolidated du Canada (Clermont)	4,4	1,8	18,3	100,0	28,2	100,0	90,6	100
PP1106	SFK Pâte S.E.N.C. (St-Félicien)	16,2	15,6	53,2	20,9	20,1	68,6	95,6	100
PP1114	Norampac inc. (Cabano)	61,2	39,8	99,2	100,0	66,1	83,7	100	100
PP1117	Cascades East-Angus inc., Divison Cartech, Paperboard Industries Corp. (East-Angus)	4,8	4,4	17,3	40,7	49,9	100,0	100	100
PP1118	Bowater Produits Forestiers du Canada inc. (Gatineau)	ND	3,0	16,0	92,8	57,5	100,0	100	100
PP1131	Kruger inc. (Bromptonvile)	12,0	1,4	12,1	66,6	83,8	100,0	100	100
PP1132	Compagnie Abitibi-Consolidated du Canada (Jonquière)	7,5	0,8	5,2	92,8	69,0	95,5	100	100
PP1133	Bowater Produits Forestiers du Canada inc. (Dolbeau)	6,0	1,3	3,1	88,5	54,6	94,5	100	100
PP1135	Compagnie Abitibi-Consolidated du Canada (Shawinigan)	6,3	2,5	20,9	91,9	59,2	77,7	100	100
PP1136	Compagnie Abitibi-Consolidated du Canada (Grand-Mère)	9,5	10,2	35,8	82,0	40,3	61,7	100	100

ND : non déterminé

Annexe 4 Résultats des essais de toxicité sous-létale (MGCI25) et létale (MGCL50) cycle 1 vs cycle 2

No. de projet national	Nom des fabriques (localité)	Cycle 1			Cycle 2				
		Selenastrum capricornutum MG-CI25	*Ceriodaphnia dubia* MG-CI25	*Pimephales promelas* MG-CI25	*Selenastrum capricornutum* MG-CI25	*Ceriodaphnia dubia* MG-CI25	*Pimephales promelas* MG-CI25	*Ceriodaphnia dubia* MG-CL50	*Pimephales promelas* MG-CL50
	EAUX DOUCES								
PP1137	Kruger Wayagamack Inc. (Trois-Rivières)	18,0	11,0	52,5	81,1	33,7	84,7	100	100
PP1138	F.F. Soucy inc. (Rivière-du-Loup)	ND	2,5	8,9	84,2	65,2	86,2	100	100
PP1145	Cascades Groupe Carton Plat inc. (Jonquière)	14,0	5,3	18,1	95,7	85,3	100,0	100	100
PP1147	Nortkraft Quévillon inc. (Lebel-sur-Quévillon)	5,2	8,0	16,9	60,4	43,7	100,0	100	100
PP1148	Domtar Inc. (Windsor)	9,8	23,7	75,6	64,0	20,4	82,4	100	100
PP1153	Papier Masson ltée (Masson-Angers)	2,4	0,8	4,3	78,9	21,7	87,5	100	100
PP1177	Compagnie Abitibi-Consolidated du Canada (Alma)	ND	3,5	7,4	100,0	57,8	100,0	100	100
PP1178	EMCO ltée (Pont-Rouge)	1,6	1,1	8,9	56,7	42,1	80,7	95,5	86,2
PP1183 PP1179	Papier Cascade Lupel inc. et Désencrage CMD inc. (Cap-de-la-Madeleine)	29,0	4,9	45,2	96,4	40,7	95,3	100	100
PP1181	Fibres Breakey (Breakeyville)	20,7	11,2	24,7	40,7	37,0	35,5	80,6	47,6
PP1182	Pâte Mohawk ltée (St-Antonin)	4,0	0,7	29,7	100,0	3,6	48,7	87,8	47,3
PP1184	Compagnie Abitibi-Consolidated du Canada (Amos)	54,8	100,0	95,7	66,1	30,3	100,0	79,4	100
PP1186	Papiers de spécialité Eddy ltée, Papiers Scott ltée (Ottawa-Hull)	ND	44,3	85,2	100,0	64,6	100,0	100	100
PP1187	J.Ford ltée (Portneuf)	ND	2,1	2,1	25,3	6,3	42,4	57,3	42,5
PP1188	Papiers Scott ltée (Lennoxville)	ND	9,6	55,4	68,2	7,5	70,9	59,4	93,3
PP1191	Tembec, Groupe papiers, Usine St-Raymond (St-Léonard-de-Portneuf)	0,9	3,4	20,4	13,7	11,2	86,4	59,3	100
PP1193	Spexel inc. (Beauharnois)	17,2	32,0	33,0	90,1	48,6	54,2	48,6	54,2
PP1194	Cascades Groupe Tissu inc. (Lachute)	ND	1,6	8,1	67,4	24,9	70,8	84,1	91,8
PP1196	Papiers Scott ltée (Crabtree)	ND	32,2	96,0	96,8	69,4	84,9	100	94,0
PP1197	Produits Desbiens inc. (Desbiens)	100,0	63,9	ND	100,0	97,6	52,8	100	90,4
PP1198	Cascades Groupe Papiers Fins inc. (St-Jérôme)	3,5	3,4	8,1	57,7	25,5	62,9	100	92,6
PP1208	Cascades inc. (Kingsey Falls)	0,6	0,5	3,1	80,7	40,8	64,2	100	92,6

ND : non déterminé

Annexe 4 Résultats des essais de toxicité sous-létale (MGCI25) et létale (MGCL50) cycle 1 vs cycle 2

No. de projet national	Nom des fabriques (localité)	Cycle 1			Cycle 2			
		Echinodermes	*Menidia beryllina*	*Champia parvula*	*Echinodermes*	*Menidia beryllina*	*Champia parvula*	*Menidia beryllina*
		MG-CI25	MG-CI25	MG-CI25	MG-CI25	MG-CI25	MG-CI25	MG-CL50
	EAUX MARINES							
PP1088	Compagnie Abitibi-Consolidated du Canada (Baie-Comeau)	5,9	12,9	5,2	21,1	68,8	11,3	68,8
PP1099	Emballages Smurfit-Stone Canada inc. (Matane)	25,4	20,1	5,4	58,7	66,7	38,3	66,7
PP1101	Emballages Smurfit-Stone Canada inc. (New-Richmond)	5,2	75,8	2,5	36,5	68,5	9,7	68,5
PP1157	La Compagnie Gaspésia Ltée (Chandler)	4,5	36,0	0,9	7,5	69,9	10,9	69,9
PP1201	Spruce Falls Inc. (Matane)	ND	ND	ND	52,6	67,7	15,5	67,8
PP1202	Uniforêt Scierie Pâte Inc. (Port-Cartier)	ND	ND	ND	52,6	67,5	10,4	67,3
PP1561	Compagnie Abitibi-Consolidated du Canada (La Baie)	0,1	22,5	0,8	2,9	69,0	10,6	69,0

ND : non déterminé

Annexe 5 Techniques de captures et date d'échantillonnage des poissons au cycle 2

No. de projet national	Nom des fabriques	Localité	Milieu récepteur	Zone Exposition Engins (Effort) (Engin/jour) ou (hr/pers.)*	Zone Référence Engins (Effort) (Engin/jour) ou (hr/pers.)*	Date d'échantillonnage au cycle 2
PP1086	Papiers Fraser Nexfor	Thurso	Rivière des Outaouais	Pêche électrique + Pêche à la ligne + Verveux + Trappe Alaska (non déterminé)	Pêche électrique + Pêche à la ligne + Verveux + Trappe Alaska (non déterminé)	19-24/4/1997, 26/9/1997 au 10/10/1997, 14-16/10/1998
PP1087	Kruger inc.	Trois-Rivières	Fleuve St-Laurent	Aucune étude de poissons		
PP1088	Compagnie Abitibi-Consolidated du Canada	Baie-Comeau	Fleuve St-Laurent	Filet maillant (35), Verveux (10), Palangre (2), Pêche à la ligne (10)*	Filet maillant (28), Verveux (10), Pêche à la ligne (5)*	26/8/1999 au 2/9/1999
PP1091	Compagnie Abitibi-Consolidated du Canada	Beaupré	Rivière des Vases	Filet maillant (25), Nasse (7), Seine (1), Pêche électrique (32.4)	Filet maillant (22), Trappe Alaska (1), Seine (3), Pêche électrique (37.2)	14/8/1999 au 11 /09/1999
PP1092	Bowater Produits forestiers du Canada inc.	Donnacona	Fleuve St-Laurent	Filet maillant (59), Seine (3)	Filet maillant (52), Pêche à la fascine (30)	21/9/1999 au 7/10/1999
PP1093	Compagnie de Papiers Stadacona ltée	Québec	Fleuve St-Laurent	Aucune étude de poissons		
PP1094	Tembec inc.	Témiscaming	Rivière des Outaouais	Filet maillant (30), Nasse (8), Verveux (5)	Filet maillant (48), Nasse (3)	14-20/8/1999
PP1098	Emballages Smurfit-Stone Canada inc	La Tuque	Rivière Saint-Maurice	Filet maillant (36), Verveux (11), Nasse (4), Pêche à la ligne (1)	Filet maillant (46), Verveux (9)	1-10/9/1999
PP1099	Emballages Smurfit-Stone Canada inc.	Matane	Fleuve St-Laurent	Aucune étude de poissons		
PP1100	Uniforêt Tripap inc.	Trois-Rivières	Fleuve St-Laurent	Aucune étude de poissons		
PP1101	Emballages Smurfit-Stone Canada inc.	New-Richmond	Baie des Chaleurs	Filet maillant (30)	Filet maillant (Est: 19, Ouest: 20)	13-21/9/1999
PP1102	Emballages Smurfit-Stone Canada inc.	Portage- du-Fort	Rivière des Outaouais	Filet maillant (70)	Filet maillant (Est: 44, Ouest: 55)	6-15/10/1999
PP1104	Compagnie Abitibi-Consolidated du Canada	Clermont	Rivière Malbaie	Verveux (5), Nasse (21), Pêche électrique (14.6)	Verveux (10), Nasse (20), Pêche électrique (9.2)	25/8/1999 au 1/9/1999
PP1106	SFK Pâte S.E.N.C.	St-Félicien	Rivière Mistassini	Filet maillant (32), Verveux (14), Nasse (29),Seine (7)	Filet maillant (24), Verveux (45)	30/9/1998 au 15/10/1998
PP1114	Norampac inc.	Cabano	Rivière Cabano	Pêche électrique (57), Filet maillant (6)	Filet maillant (17), Verveux (2)	7-12/9/1998
PP1117	Cascades East-Angus inc. Division Cartech, Paperboard Industries Corp.	East-Angus	Rivière St-François	Verveux (22), Pêche électrique (402.7)	Verveux (14), Pêche électrique (123.0)	28/9/1998 au 19/10/1998

Annexe 5 Techniques de captures et date d'échantillonnage des poissons au cycle 2

No. de projet national	Nom des fabriques	Localité	Milieu récepteur	Zone Exposition Engins (Effort) (Engin/jour) ou (hr/pers.)*	Zone Référence Engins (Effort) (Engin/jour) ou (hr/pers.)*	Date d'échantillonnage au cycle 2
PP1118	Bowater Produits forestiers du Canada inc.	Gatineau	Rivière des Outaouais	Pêche à la ligne + Verveux + Pêche électrique (non déterminé)	Pêche à la ligne + Verveux + Pêche électrique (non déterminé)	4-16/10/1998 et 2-6/10/1999
PP1131	Kruger inc.	Bromptonville	Rivière St-François	Verveux (19), Pêche électrique (541.9)	Verveux (20), Pêche électrique (142.8)	14/9/1998 au 23/10/1998
PP1132	Compagnie Abitibi-Consolidated du Canada	Jonquière	Rivière Saguenay et riv. aux Sables	Filet maillant (35)	Filet maillant (20)	30/8/1999 au 6/9/1999
PP1133	Bowater Produits Forestiers du Canada inc.	Dolbeau	Rivière Mistassini	Filet maillant + Verveux + Nasse (33)	Aucune pêche	30/9/1998 au 8/10/1998
PP1135	Compagnie Abitibi-Consolidated du Canada	Shawinigan	Rivière Shawinigan	Filet maillant (18), Verveux (4), Nasse (13), Palangre (21)	Filet maillant (10), Verveux (10), Nasse (12), Palangre (19), Seine (3)	13-20/8/1999
PP1136	Compagnie Abitibi-Consolidated du Canada	Grand-Mère	Rivière St-Maurice	Aucune étude de poissons		
PP1137	Kruger Wayagamack Inc.	Trois-Rivières	Fleuve St-Laurent	Aucune étude de poissons		
PP1138	F.F. Soucy inc.	Rivière-du-Loup	Rivière du Loup	Pêche électrique (216 automne + non déterminé printemps), Seine (non déterminé)	Pêche électrique (426 automne + non déterminé printemps), Seine (non déterminé)	14-22/5/1999 et 4-11/10/1999
PP1145	Cascades Goupe Carton Plat inc.	Jonquière	Rivière aux Sables	Filet maillant (5), Verveux + Trappe Alaska (12)	Filet maillant (20)	28/8 au 6/9 et 28/9 au 2/10/1999
PP1147	Nortkraft Quévillon inc.	Lebel-sur-Quévillon	Rivière Quévillon	Filet maillant (8), Trappe Alaska (17), Pêche électrique (45)	Verveux (22)	2-12/9/1998
			Rivière Bell	Filet maillant (35)	Filet maillant (20)	2-12/9/1998
PP1148	Domtar Inc.	Windsor	Rivière St-François	Verveux (39), Pêche électrique (360)	Verveux (16)	21/9/1998 au 7/10/1998
PP1153	Papier Masson ltée	Masson-Angers	Rivière du Lièvre	Pêche à la ligne + Pêche électrique (non déterminé)	Pêche à la ligne + Pêche électrique (non déterminé)	19-24/4/1997 et 26/9/1997 au 10/10/1997 et ? 1998
PP1157	La Compagnie Gaspésia Ltée	Chandler	Baie des Chaleurs	Aucune étude de poissons		
PP1177	Compagnie Abitibi-Consolidated du Canada	Alma	Rivière Petite Décharge	Nasse (24), Palangre (30), Verveux (8), Filet maillant (4)	Verveux (20), Filet maillant (12)	15-20/9/1999
PP1178	EMCO Ltée	Pont-Rouge	Rivière Jacques-Cartier	Aucune étude de poissons		

Annexe 5 Techniques de captures et date d'échantillonnage des poissons au cycle 2

No. de projet national	Nom des fabriques	Localité	Milieu récepteur	Zone Exposition Engins (Effort) (Engin/jour) ou (hr/pers.)*	Zone Référence Engins (Effort) (Engin/jour) ou (hr/pers.)*	Date d'échantillonnage au cycle 2
PP1183 PP1179	Papier Cascade Lupel inc. et Désencrage CMD inc.	Cap-de-la-Madeleine	Fleuve St-Laurent	Seine (10)	Seine (11)	2-3/9/1999
PP1181	Fibres Breakey	Breakeyville	Rivière Chaudière	Pêche électrique (182)	Pêche électrique (205)	8-9/9/1999
PP1182	Pâte Mohawk ltée	St-Antonin	Rivière du Loup	Verveux (4), Filet maillant (2), Pêche à la ligne (2.58)*, Trappe Alaska(2)	Verveux (2), Filet maillant (7), Pêche à la ligne (1 33)*, Trappe Alaska (1)	13-17/9/1999
PP1184	Compagnie Abitibi-Consolidated du Canada	Amos	Rivière Harricana	Filet maillant (6), Verveux (7)	Filet maillant (22), Verveux (10)	16-21/9/1998
PP1186	Papiers de spécialité Eddy ltée, Papiers Scott ltée	Ottawa-Hull	Rivière des Outaouais	Aucune étude de poissons		
PP1187	J.Ford ltée	Portneuf	Rivière Portneuf	Filet maillant (zone rapprochée.: 44), Verveux (zone éloignée.: 14), Pêche électrique (75)	Filet maillant (145)	25/9/1999 au 3/10/1999
PP1188	Papiers Scott ltée	Lennoxville	Rivière Massawippi et St-François	Filet maillant (Massawipi.:34), Seine (Massawipi.:4)	Filet maillant (Massawipi.: 48., St-François.: 37), Seine (St-François.: 3)	1-13/10/1998
PP1191	Tembec, Groupe papiers, Usine St-Raymond	St-Léonard-de-Portneuf	Rivière Ste-Anne	Filet maillant (18),Verveux (9), Nasse (4)	Filet maillant (21), Verveux (11), Nasse (2)	29/8/1999 au 6/9/1999
PP1193	Spexel inc.	Beauharnois	Fleuve St-Laurent	Aucune étude de poissons		
PP1194	Cascades Groupe Tissu inc.	Lachute	Rivière du Nord	Pêche électrique (63.3)	Pêche électrique (39.6)	24-30/8/1999
PP1196	Papiers Scott ltée	Crabtree	Rivière Ouareau	Filet maillant (6), Verveux (18), Pêche électrique (490)	Filet maillant (Ouareau: 28, Rouge: 12)	14-21/9/1999
PP1197	Produits Desbiens inc.	Desbiens	Rivière Métabetchouane	Aucune étude de poissons		
PP1198	Cascades Groupe Papiers Fins inc.	St-Jérôme	Rivière du Nord	Pêche électrique (117), Filet maillant (1), Verveux (1)	Pêche électrique (54), Filet maillant (2), Verveux (1)	1-4/9/1998
PP1201	Spruce Falls inc.	Matane	Fleuve St-Laurent	Filet maillant (36), Ligne dormante (1), Pêche à la ligne (1)	Filet maillant (51)	24/9/2001-2/10/2001
PP1202	Uniforêt Scierie Pâte inc.	Port-Cartier	Fleuve St-Laurent	Aucune étude de poissons		
PP1208	Cascades inc.	Kingsey Falls	Rivière Nicolet Sud-Ouest	Pêche électrique (280), Verveux (5)	Pêche électrique (172), Filet maillant (26)	24-31/8/1998
PP1561	Compagnie Abitibi-Consolidated du Canada	La Baie	Rivière Saguenay	Benne Ponar (30), Verveux (16), Nasse (40), Filet maillant (77), Pêche à la ligne (2)	Benne Ponar (3), Récolte manuelle en plongée (2), Filet maillant (19)	2-14/10/1999

Annexe 6 Résultats de capture des poissons et moyennes des paramètres morphologiques mesurés chez les populations des zones d'exposition et de référence

No. de projet national	Nom des fabriques (localité)	Zone Pêche	Nom Commun	Sexe	n pêché (m+f)	n mesuré	Long. Totale moyenne (mm)	Long. Fourche moyenne (mm)	Poids Corps moyen (g)	Âge Moyen (ans)	Poids Foie moyen (g)	Poids Gonades moyen (g)	Fécondité Moyenne (n œufs)
PP1086	Papiers Fraser Nexfor	E	Perchaude	m	143	44	nd	na	nd	nd	nd	nd	na
	(Thurso)	E	Perchaude	f		60	nd	na	nd	nd	nd	nd	nd
	1997	E	Perchaude	i		39	nd	na	nd	nd	nd	nd	na
		E	Raseux-de-terre noir	m	59	21	nd	na	nd	nd	nd	nd	na
		E	Raseux-de-terre noir	f		27	nd	na	nd	nd	nd	nd	nd
		R	Perchaude	m	108	25	nd	na	nd	nd	nd	nd	na
		R	Perchaude	f		53	nd	na	nd	nd	nd	nd	nd
		R	Perchaude	i		30	nd	na	nd	nd	nd	nd	na
		R	Raseux-de-terre noir	m	58	20	nd	na	nd	nd	nd	nd	na
		R	Raseux-de-terre noir	f		24	nd	na	nd	nd	nd	nd	nd
	1998	**E**	**Perchaude**	**m**	**nd**	**nd**	**nd**	**na**	**nd**	**nd**	**nd**	**nd**	**na**
		E	**Perchaude**	**f**		**nd**	**nd**	**na**	**nd**	**nd**	**nd**	**nd**	**nd**
		E	**Raseux-de-terre noir**	**m**	**nd**	**nd**	**nd**	**na**	**nd**	**nd**	**nd**	**nd**	**na**
		E	**Raseux-de-terre noir**	**f**		**nd**	**nd**	**na**	**nd**	**nd**	**nd**	**nd**	**nd**

Légende: i: Immature, f: Femelle, m: Mâle, na: Non applicable, nd : non déterminé, E: Zone d'exposition, R: Zone de référence
Italique : Données non considérées car aucune analyse statistique n'a été effectuée
Gras : Donnée non considérées car il y avait deux séries de données disponibles pour une même usine

Annexe 6 Résultats de capture des poissons et moyennes des paramètres morphologiques mesurés chez les populations des zones d'exposition et de référence

No. de projet national	Nom des fabriques (localité)	Zone Pêche	Nom Commun	Sexe	n pêché (m+f)	n mesuré	Long. Totale moyenne (mm)	Long. Fourche moyenne (mm)	Poids Corps moyen (g)	Âge Moyen (ans)	Poids Foie moyen (g)	Poids Gonades moyen (g)	Fécondité Moyenne (n œufs)
PP1086 (suite)		**R**	**Perchaude**	**m**	**nd**	**nd**	**nd**	**na**	**nd**	**nd**	**nd**	**nd**	**na**
		R	**Perchaude**	**f**		**nd**	**nd**	**na**	**nd**	**nd**	**nd**	**nd**	**nd**
		R	**Raseux-de-terre noir**	**m**	**nd**	**nd**	**nd**	**na**	**nd**	**nd**	**nd**	**nd**	**na**
		R	**Raseux-de-terre noir**	**f**		**nd**	**nd**	**na**	**nd**	**nd**	**nd**	**nd**	**nd**
PP1088	Compagnie Abitibi-Consolidated du Canada (Baie-Comeau)	E	Chaboisseau à épines courtes	m	101	18	196	na	116	4,0	4,77	0,34	na
		E	Chaboisseau à épines courtes	f		20	216	na	159	4,0	5,76	0,74	nd
		R	Chaboisseau à épines courtes	m	89	20	172	na	77	3,0	2,37	0,11	na
		R	Chaboisseau à épines courtes	f		39	240	na	249	4,0	10,67	3,43	nd
PP1091	Compagnie Abitibi-Consolidated du Canada (Beaupré)	E	Meunier rouge	m	109	18	na	362	678	8,0	21,73	36,36	na
		E	Meunier rouge	f		77	na	409	942	9,0	24,32	51,05	49272
		E	Chabot tacheté	m	114	25	na	60	2,84	5,0	0,06	0,01	na
		E	Chabot tacheté	f		19	na	66	3,65	6,0	0,08	0,02	nd
		E	Chabot tacheté	i		61	na	50	1,42	4,0	0,05	nd	na

Légende: i: Immature, f: Femelle, m: Mâle, na: Non applicable, nd : non déterminé, E: Zone d'exposition, R: Zone de référence
Italique : Données non considérées car aucune analyse statistique n'a été effectuée
Gras : Donnée non considérées car il y avait deux séries de données disponibles pour une même usine

Annexe 6 Résultats de capture des poissons et moyennes des paramètres morphologiques mesurés chez les populations des zones d'exposition et de référence

No. de projet national	Nom des fabriques (localité)	Zone Pêche	Nom Commun	Sexe	n pêché (m+f)	n mesuré	Long. Totale moyenne (mm)	Long. Fourche moyenne (mm)	Poids Corps moyen (g)	Âge Moyen (ans)	Poids Foie moyen (g)	Poids Gonades moyen (g)	Fécondité Moyenne (n œufs)
PP1091 (suite)		R	Meunier rouge	m	138	52	na	364	665	8,0	21,90	44,60	na
		R	Meunier rouge	f		68	na	391	845	7,0	26,64	50,80	43604
		R	Chabot tacheté	m	127	13	na	57	2,38	4,0	0,07	0,01	na
		R	Chabot tacheté	f		8	na	95	10,2	8,0	0,25	0,10	nd
		R	Chabot tacheté	i		42	na	55	1,98	5,0	0,07	nd	na
PP1092	Bowater Produits forestiers du Canada inc. (Donnacona)	E	Meunier rouge	m	413	34	na	356	653	8,0	17,08	44,20	na
		E	Meunier rouge	f		57	na	390	844	8,0	23,25	53,36	37895
		E	Meunier noir	m	65	24	na	347	633	5,0	11,41	49,22	na
		E	Meunier noir	f		12	na	385	891	6,0	18,25	53,56	27215
		R	Meunier rouge	m	101	33	na	350	605	8,0	12,69	48,31	na
		R	Meunier rouge	f		54	na	383	802	8,0	21,14	66,47	39631
		R	Meunier noir	m	86	20	na	332	589	5,0	8,00	45,07	na
		R	Meunier noir	f		31	na	366	785	5,0	14,51	42,58	27752

Légende: i: Immature, f: Femelle, m: Mâle, na: Non applicable, nd : non déterminé, E: Zone d'exposition, R: Zone de référence
Italique : Données non considérées car aucune analyse statistique n'a été effectuée
Gras : Donnée non considérées car il y avait deux séries de données disponibles pour une même usine

Annexe 6 Résultats de capture des poissons et moyennes des paramètres morphologiques mesurés chez les populations des zones d'exposition et de référence

No. de projet national	Nom des fabriques (localité)	Zone Pêche	Nom Commun	Sexe	n pêché (m+f)	n mesuré	Long. Totale moyenne (mm)	Long. Fourche moyenne (mm)	Poids Corps moyen (g)	Âge Moyen (ans)	Poids Foie moyen (g)	Poids Gonades moyen (g)	Fécondité Moyenne (n œufs)
PP1094	Tembec inc. (Témiscaming)	E	Meunier noir	m	52	20	na	370	912	8,0	12,42	16,22	na
		E	Meunier noir	f		26	na	409	1176	8,0	17,48	29,99	59745
		E	Ouitouche	m	41	16	na	286	514	5,0	10,13	1,45	na
		E	Ouitouche	f		7	na	349	714	6,0	17,37	4,24	nd
		R	Meunier noir	m	70	33	na	331	557	6,0	4,87	8,34	na
		R	Meunier noir	f		43	na	392	778	7,0	8,59	17,67	41568
		R	Ouitouche	m	13	7	na	218	158	4,0	2,02	1,14	na
		R	Ouitouche	f		2	na	252	240	nd	2,63	2,01	nd
PP1098	Emballages Smurfit-Stone Canada inc. (La Tuque)	E	Meunier noir	m	44	24	na	372	737	7,0	5,42	39,96	na
		E	Meunier noir	f		14	na	424	918	7,0	9,95	30,89	27699
		E	Crapet de roche	m	94	35	na	189	178	8,0	1,28	0,78	na
		E	Crapet de roche	f		22	na	183	163	7,0	1,46	2,96	nd
		R	Meunier noir	m	43	16	na	404	1125	6,0	16,81	67,32	na
		R	Meunier noir	f		24	na	442	1423	7,0	17,96	52,14	61797
		R	Crapet de roche	m	50	31	na	233	274	8,0	2,31	1,85	na
		R	Crapet de roche	f		17	na	192	163	7,0	1,75	2,19	nd

Légende: i: Immature, f: Femelle, m: Mâle, na: Non applicable, nd : non déterminé, E: Zone d'exposition, R: Zone de référence
Italique : Données non considérées car aucune analyse statistique n'a été effectuée
Gras : Donnée non considérées car il y avait deux séries de données disponibles pour une même usine

Annexe 6 Résultats de capture des poissons et moyennes des paramètres morphologiques mesurés chez les populations des zones d'exposition et de référence

No. de projet national	Nom des fabriques (localité)	Zone Pêche	Nom Commun	Sexe	n pêché (m+f)	n mesuré	Long. Totale moyenne (mm)	Long. Fourche moyenne (mm)	Poids Corps moyen (g)	Âge Moyen (ans)	Poids Foie moyen (g)	Poids Gonades moyen (g)	Fécondité Moyenne (n œufs)
PP1101	Emballages Smurfit-Stone Canada inc. (New-Richmond)	E	Plie rouge	m	225	55	293	na	382,8	9,2	5,70	22,40	na
		E	Plie rouge	f		59	315	na	496,9	9,8	11,70	28,30	1420075
		E	Chaboisseau à épines courtes	m	18	0	nd	na	nd	nd	nd	nd	na
		E	Chaboisseau à épines courtes	f		17	351	na	779,1	4,5	34,90	25,90	59454
	Est	R	Plie rouge	m	230	10	293	na	412,8	9,6	6,40	19,90	na
		R	Plie rouge	f		1	255	na	245	10,0	3,01	5,47	nd
		R	Chaboisseau à épines courtes	m	26	2	302	na	482,5	4,5	22,00	12,10	na
		R	Chaboisseau à épines courtes	f		24	354	na	868,3	4,4	39,60	25,30	80084
	Ouest	R	Plie rouge	m	250	31	294	na	384,7	9,8	5,90	20,10	na
		R	Plie rouge	f		32	323	na	522	9,9	13,40	30,90	1450375
		R	Chaboisseau à épines courtes	m	26	0	nd	na	nd	nd	nd	nd	na
		R	Chaboisseau à épines courtes	f		26	355	na	825,2	4,3	35,70	23,50	72542

Légende: i: Immature, f: Femelle, m: Mâle, na: Non applicable, nd : non déterminé, E: Zone d'exposition, R: Zone de référence
Italique : Données non considérées car aucune analyse statistique n'a été effectuée
Gras : Donnée non considérées car il y avait deux séries de données disponibles pour une même usine

Annexe 6 Résultats de capture des poissons et moyennes des paramètres morphologiques mesurés chez les populations des zones d'exposition et de référence

No. de projet national	Nom des fabriques (localité)	Zone Pêche	Nom Commun	Sexe	n pêché (m+f)	n mesuré	Long. Totale moyenne (mm)	Long. Fourche moyenne (mm)	Poids Corps moyen (g)	Âge Moyen (ans)	Poids Foie moyen (g)	Poids Gonades moyen (g)	Fécondité Moyenne (n œufs)
PP1102	Emballages Smurfit-	E	Meunier noir	m	49	20	na	390	884,3	5,0	8,80	60,10	na
	Stone Canada inc.	E	Meunier noir	f		29	na	378	823,3	4,5	11,00	50,70	50081
	(Portage- du-Fort)	E	Barbue de rivière	m	50	23	na	391	857,6	11,9	13,60	3,80	na
		E	Barbue de rivière	f		16	na	352	621,3	10,8	10,20	24,40	7066
	Est	R	Meunier noir	m	47	15	na	380	814,7	6,2	9,20	53,80	na
		R	Meunier noir	f		30	na	406	998,5	5,5	14,60	58,60	58365
		R	Barbue de rivière	m	11	4	na	469	1922,5	9,8	38,80	15,80	na
		R	Barbue de rivière	f		5	na	623	3975	19,2	82,70	143,80	48285
	Ouest	**R**	**Meunier noir**	**m**	**22**	**7**	**na**	**367**	**695,7**	**4,7**	**5,70**	**36,00**	**na**
		R	**Meunier noir**	**f**		**15**	**na**	**373**	**809,3**	**4,7**	**9,40**	**49,60**	**48728**
		R	**Barbue de rivière**	**m**	**28**	**6**	**na**	**479**	**1634,2**	**16,0**	**22,10**	**5,90**	**na**
		R	**Barbue de rivière**	**f**		**15**	**na**	**420**	**1447,3**	**13,0**	**25,70**	**58,10**	**11868**

Légende: i: Immature, f: Femelle, m: Mâle, na: Non applicable, nd : non déterminé, E: Zone d'exposition, R: Zone de référence
Italique : Données non considérées car aucune analyse statistique n'a été effectuée
Gras : Donnée non considérées car il y avait deux séries de données disponibles pour une même usine

Annexe 6 Résultats de capture des poissons et moyennes des paramètres morphologiques mesurés chez les populations des zones d'exposition et de référence

No. de projet national	Nom des fabriques (localité)	Zone Pêche	Nom Commun	Sexe	n pêché (m+f)	n mesuré	Long. Totale moyenne (mm)	Long. Fourche moyenne (mm)	Poids Corps moyen (g)	Âge Moyen (ans)	Poids Foie moyen (g)	Poids Gonades moyen (g)	Fécondité Moyenne (n œufs)
PP1104	Compagnie Abitibi-Consolidated du Canada (Clermont)	E	Meunier rouge	m	828	31	na	242	159	3,0	2,180	8,35	na
		E	Meunier rouge	f		38	na	373	225	3,0	3,410	8,46	9401
		E	Naseux des rapides	m	112	31	na	69	3,9	3,0	0,098	0,02	na
		E	Naseux des rapides	f		35	na	80	6,1	4,0	0,151	0,21	1288
		R	Meunier rouge	m	275	33	na	162	46	4,0	0,690	2,06	na
		R	Meunier rouge	f		37	na	182	68	4,0	1,100	2,66	2994
		R	Naseux des rapides	m	92	10	na	52	1,4	2,0	0,018	0,01	na
		R	Naseux des rapides	f		35	na	57	2,1	2,0	0,031	0,05	324
PP1106	SFK Pâte S.E.N.C. (St-Félicien)	E	Barbotte brune	m	107	31	na	219	134	5,0	3,11	0,19	na
		E	Barbotte brune	f		31	na	220	133	5,0	3,34	1,69	4704
		E	Meunier noir	m	27	3	na	441	975	10,0	13,48	76,17	na
		E	Meunier noir	f		5	na	474	1565	10,0	28,13	95,37	44433
		R	Barbotte brune	m	67	32	na	237	187	5,0	4,96	0,24	na
		R	Barbotte brune	f		21	na	229	159	5,0	4,40	2,02	5288
		R	Meunier noir	m	17	6	na	455	1425	10,0	16,52	78,27	na
		R	Meunier noir	f		10	na	504	1840	11,0	32,25	96,92	57200

Légende : i: Immature, f: Femelle, m: Mâle, na: Non applicable, nd : non déterminé, E: Zone d'exposition, R: Zone de référence
Italique : Données non considérées car aucune analyse statistique n'a été effectuée
Gras : Donnée non considérées car il y avait deux séries de données disponibles pour une même usine

Annexe 6 Résultats de capture des poissons et moyennes des paramètres morphologiques mesurés chez les populations des zones d'exposition et de référence

No. de projet national	Nom des fabriques (localité)	Zone Pêche	Nom Commun	Sexe	n pêché (m+f)	n mesuré	Long. Totale moyenne (mm)	Long. Fourche moyenne (mm)	Poids Corps moyen (g)	Âge Moyen (ans)	Poids Foie moyen (g)	Poids Gonades moyen (g)	Fécondité Moyenne (n œufs)
PP1114	Norampac inc. (Cabano)	E	Meunier noir	m	177	32	354	na	481	7,1	4,400	28,20	na
		E	Meunier noir	f		25	368	na	501	6,8	5,800	14,00	11361
		E	Perchaude	m	92	24	151	na	49	4,6	0,500	2,90	na
		E	Perchaude	f		28	194	na	106	4,3	1,600	2,10	9039
		R	Meunier noir	m	138	31	352	na	441	7,1	3,400	26,00	na
		R	Meunier noir	f		29	362	na	459	7,0	4,300	11,90	9521
		R	Perchaude	m	60	12	116	na	20	2,9	0,200	1,10	na
		R	Perchaude	f		15	182	na	81	4,8	0,900	1,50	5409
PP1117	Cascades East-Angus inc., Division Cartech, Paperboard Industries Corp. (East-Angus)	E	Meunier noir	m	88	33	399	na	721,3	6,0	11,27	50,18	na
		E	Meunier noir	f		35	430	na	940,9	6,5	18,38	60,58	28596
		E	Dard tesselé	m	60	29	61	na	1,94	2,6	0,026	0,02	na
		E	Dard tesselé	f		31	54	na	1,39	1,9	0,017	0,03	nd
		R	Meunier noir	m	64	31	376	na	570,1	5,5	3,960	38,36	na
		R	Meunier noir	f		33	414	na	714,5	5,7	6,310	36,04	19726
		R	Dard tesselé	m	61	31	64	na	2,11	2,8	0,026	0,02	na
		R	Dard tesselé	f		30	55	na	1,37	2,0	0,021	0,03	nd

Légende: i: Immature, f: Femelle, m: Mâle, na: Non applicable, nd : non déterminé, E: Zone d'exposition, R: Zone de référence
Italique : Données non considérées car aucune analyse statistique n'a été effectuée
Gras : Donnée non considérées car il y avait deux séries de données disponibles pour une même usine

Annexe 6 Résultats de capture des poissons et moyennes des paramètres morphologiques mesurés chez les populations des zones d'exposition et de référence

No. de projet national	Nom des fabriques (localité)	Zone Pêche	Nom Commun	Sexe	n pêché (m+f)	n mesuré	Long. Totale moyenne (mm)	Long. Fourche moyenne (mm)	Poids Corps moyen (g)	Âge Moyen (ans)	Poids Foie moyen (g)	Poids Gonades moyen (g)	Fécondité Moyenne (n œufs)
PP1118	Bowater Produits forestiers du Canada inc. (Gatineau) (1998)	E	Perchaude	m	36	1	129	na	26	nd	nd	nd	na
		E	Perchaude	f		19	180	na	71,4	nd	nd	nd	nd
		E	Perchaude	i		16	153	na	42,9	nd	nd	nd	na
		E	Raseux-de-terre noir	m	113	29	60	na	1,74	nd	nd	nd	na
		E	Raseux-de-terre noir	f		28	53	na	1,18	nd	nd	nd	nd
		R	Perchaude	m	69	21	147	na	41,2	nd	nd	nd	na
		R	Perchaude	f		25	177	na	69,1	nd	nd	nd	nd
		R	Perchaude	i		23	144	na	35,9	nd	nd	nd	na
		R	Raseux-de-terre noir	m	116	22	60	na	1,68	nd	nd	nd	na
		R	Raseux-de-terre noir	f		26	56	na	1,41	nd	nd	nd	nd
		E	Perchaude	mf	nd	nd	nd	na	nd	nd	nd	nd	nd
		R	Perchaude	mf		nd	nd	na	nd	nd	nd	nd	nd
PP1118 (suite)	**Bowater Produits forestiers du Canada inc. (Gatineau) (1999)**	**E**	**Perchaude**	**m**	**21**	**nd**	**nd**	**na**	**nd**	**nd**	**nd**	**nd**	**na**
		E	**Perchaude**	**f**	**20**	**nd**	**nd**	**na**	**nd**	**nd**	**nd**	**nd**	**na**
		E	**Perchaude**	**i**	**19**	**nd**	**nd**	**na**	**nd**	**nd**	**nd**	**nd**	**na**
		R	**Perchaude**	**m**	**21**	**nd**	**nd**	**na**	**nd**	**nd**	**nd**	**nd**	**na**
		R	**Perchaude**	**f**	**20**	**nd**	**nd**	**na**	**nd**	**nd**	**nd**	**nd**	**na**
		R	**Perchaude**	**i**	**23**	**nd**	**nd**	**na**	**nd**	**nd**	**nd**	**nd**	**na**

Légende: i: Immature, f: Femelle, m: Mâle, na: Non applicable, nd : non déterminé, E: Zone d'exposition, R: Zone de référence
Italique : Données non considérées car aucune analyse statistique n'a été effectuée
Gras : Donnée non considérées car il y avait deux séries de données disponibles pour une même usine

Annexe 6 Résultats de capture des poissons et moyennes des paramètres morphologiques mesurés chez les populations des zones d'exposition et de référence

No. de projet national	Nom des fabriques (localité)	Zone Pêche	Nom Commun	Sexe	n pêché (m+f)	n mesuré	Long. Totale moyenne (mm)	Long. Fourche moyenne (mm)	Poids Corps moyen (g)	Âge Moyen (ans)	Poids Foie moyen (g)	Poids Gonades moyen (g)	Fécondité Moyenne (n œufs)
PP1131	Kruger inc. (Bromptonville)	E	Meunier noir	m	73	nd	392	na	704,3	6,1	4,320	57,33	na
		E	Meunier noir	f		nd	443	na	940,5	7,1	9,200	43,39	29751
		E	Dard tesselé	m	64	nd	63	na	2,29	2,8	0,028	0,04	na
		E	Dard tesselé	f		nd	59	na	1,52	2,3	0,040	0,05	nd
		R	Meunier noir	m	76	nd	383	na	642,3	4,4	4,970	56,60	na
		R	Meunier noir	f		nd	418	na	854,7	5,5	8,620	45,23	30432
		R	Dard tesselé	m	64	nd	67	na	2,58	2,8	0,050	0,03	na
		R	Dard tesselé	f		nd	55	na	1,34	1,9	0,035	0,04	nd
PP1132	Compagnie Abitibi-Consolidated du Canada (Jonquière)	E	Meunier rouge	m	400	34	na	300	361	7,0	5,19	16,12	na
		E	Meunier rouge	f		42	na	314	414	7,0	7,29	13,44	17356
		E	**Meunier noir**	**mf**	**7**	**7**	**na**	**325**	**545**	**nd**	**nd**	**nd**	**na**
		R	Meunier rouge	m	328	38	na	260	246	7,0	2,78	13,16	na
		R	Meunier rouge	f		82	na	293	352	7,0	3,43	11,39	15964
		R	**Meunier noir**	**mf**	**160**	**132**	**na**	**285**	**348**	**nd**	**nd**	**nd**	**na**

Légende: i: Immature, f: Femelle, m: Mâle, na: Non applicable, nd : non déterminé, E: Zone d'exposition, R: Zone de référence
Italique : Données non considérées car aucune analyse statistique n'a été effectuée
Gras : Donnée non considérées car il y avait deux séries de données disponibles pour une même usine

Annexe 6 Résultats de capture des poissons et moyennes des paramètres morphologiques mesurés chez les populations des zones d'exposition et de référence

No. de projet national	Nom des fabriques (localité)	Zone Pêche	Nom Commun	Sexe	n pêché (m+f)	n mesuré	Long. Totale moyenne (mm)	Long. Fourche moyenne (mm)	Poids Corps moyen (g)	Âge Moyen (ans)	Poids Foie moyen (g)	Poids Gonades moyen (g)	Fécondité Moyenne (n œufs)
PP1133	*Bowater Produits Forestiers du Canada inc.*	*E*	*Meunier rouge*	*m*	*8*	*4*	*na*	*395*	*821*	*nd*	*12,19*	*33,35*	*na*
	(Dolbeau)	*E*	*Meunier rouge*	*f*		*1*	*na*	*410*	*900*	*nd*	*11,21*	*64,96*	*nd*
		E	*Meunier noir*	*m*	*6*	*2*	*na*	*430*	*1225*	*nd*	*20,94*	*59,58*	*na*
		E	*Meunier noir*	*f*		*3*	*na*	*477*	*1592*	*nd*	*26,81*	*82,81*	*nd*
		R	*Meunier rouge*	*m*	*0*	*0*	*na*	*nd*	*nd*	*nd*	*nd*	*nd*	*na*
		R	*Meunier rouge*	*f*		*0*	*na*	*nd*	*nd*	*nd*	*nd*	*nd*	*nd*
		R	*Meunier noir*	*m*	*0*	*0*	*na*	*nd*	*nd*	*nd*	*nd*	*nd*	*na*
		R	*Meunier noir*	*f*		*0*	*na*	*nd*	*nd*	*nd*	*nd*	*nd*	*nd*
PP1135	Compagnie Abitibi-Consolidated du Canada	E	Meunier noir	m	298	71	na	365	744	6,0	11,72	9,75	na
	(Shawinigan)	E	Meunier noir	f		52	na	387	871	6,0	15,87	19,85	34938
		E	Crapet de roche	m	21	4	na	181	141	nd	1,41	0,55	na
		E	Crapet de roche	f		12	na	169	111	5,0	1,36	0,82	nd
		R	Meunier noir	m	427	49	na	349	667	4,0	9,65	14,20	na
		R	Meunier noir	f		50	na	393	929	5,0	16,10	24,02	51614
		R	Crapet de roche	m	89	40	na	166	97	nd	1,31	0,38	na
		R	Crapet de roche	f		29	na	153	82	6,0	1,24	1,05	nd

Légende: i: Immature, f: Femelle, m: Mâle, na: Non applicable, nd : non déterminé, E: Zone d'exposition, R: Zone de référence
Italique : Données non considérées car aucune analyse statistique n'a été effectuée
Gras : Donnée non considérées car il y avait deux séries de données disponibles pour une même usine

Annexe 6 Résultats de capture des poissons et moyennes des paramètres morphologiques mesurés chez les populations des zones d'exposition et de référence

No. de projet national	Nom des fabriques (localité)	Zone Pêche	Nom Commun	Sexe	n pêché (m+f)	n mesuré	Long. Totale moyenne (mm)	Long. Fourche moyenne (mm)	Poids Corps moyen (g)	Âge Moyen (ans)	Poids Foie moyen (g)	Poids Gonades moyen (g)	Fécondité Moyenne (n œufs)
PP1138	F.F. Soucy inc.	E	**Naseux noir**	m	**446**	**59**	**71**	**na**	**nd**	**nd**	**nd**	**0,03**	**na**
	(Rivière-du-Loup)	E	**Naseux noir**	f		**66**	**75**	**na**	**nd**	**nd**	**0,11**	**0,59**	**nd**
	Printemps	E	**Mulet perlé**	m	191	**0**	**nd**	**na**	**nd**	**nd**	**nd**	**nd**	**na**
		E	**Mulet perlé**	f		**37**	**107**	**na**	**10,71**	**nd**	**nd**	**nd**	**nd**
		R	**Naseux noir**	m	**653**	**37**	**67**	**na**	**nd**	**nd**	**0,05**	**0,02**	**na**
		R	**Naseux noir**	f		**22**	**69**	**na**	**3,1**	**nd**	**0,09**	**0,41**	**nd**
		R	**Mulet perlé**	m	**178**	**0**	**nd**	**na**	**nd**	**nd**	**nd**	**nd**	**na**
		R	**Mulet perlé**	f		**17**	**106**	**na**	**10,0**	**nd**	**nd**	**nd**	**nd**
	Automne	E	Naseux noir	m	382	66	73	na	3,8	nd	nd	nd	na
		E	Naseux noir	f		43	74	na	nd	nd	0,10	0,29	899
		E	Mulet perlé	m	197	55	101	na	nd	nd	0,24	nd	na
		E	Mulet perlé	f		56	113	na	nd	nd	0,32	1,34	2307
		R	Naseux noir	m	191	41	71	na	3,26	nd	nd	nd	na
		R	Naseux noir	f		44	71	na	nd	nd	0,07	0,24	704
		R	Mulet perlé	m	297	60	101	na	nd	nd	0,14	nd	na
		R	Mulet perlé	f		47	104	na	nd	nd	0,19	0,75	1873

Légende: i: Immature, f: Femelle, m: Mâle, na: Non applicable, nd : non déterminé, E: Zone d'exposition, R: Zone de référence
Italique : Données non considérées car aucune analyse statistique n'a été effectuée
Gras : Donnée non considérées car il y avait deux séries de données disponibles pour une même usine

Annexe 6 Résultats de capture des poissons et moyennes des paramètres morphologiques mesurés chez les populations des zones d'exposition et de référence

No. de projet national	Nom des fabriques (localité)	Zone Pêche	Nom Commun	Sexe	n pêché (m+f)	n mesuré	Long. Totale moyenne (mm)	Long. Fourche moyenne (mm)	Poids Corps moyen (g)	Âge Moyen (ans)	Poids Foie moyen (g)	Poids Gonades moyen (g)	Fécondité Moyenne (n œufs)
PP1145	Cascades Groupe Carton Plat inc. (Jonquière)	E	Meunier rouge	m	353	33	na	283	330	7,0	5,21	17,50	na
		E	Meunier rouge	f		83	na	315	447	7,0	8,38	28,72	14957
		E	Meunier noir	m	154	30	na	281	369	5,0	3,96	19,75	na
		E	Meunier noir	f		36	na	334	561	7,0	8,43	25,72	12990
		R	Meunier rouge	m	328	38	na	260	246	7,0	2,78	13,16	na
		R	Meunier rouge	f		82	na	293	352	7,0	3,43	11,39	15964
		R	Meunier noir	m	160	54	na	286	337	7,0	2,51	15,68	na
		R	Meunier noir	f		40	na	311	434	8,0	5,74	14,45	15246
PP1147	Nortkraft Quévillon inc. (Lebel-sur-Quévillon) (rivière Quévillon)	E	Meunier rouge	m	49	23	na	349	627	9,0	9,94	28,87	na
		E	Meunier rouge	f		22	na	371	738	9,0	11,21	37,21	19068
		E	Meunier noir	m	32	16	na	363	742	7,0	9,01	46,35	na
		E	Meunier noir	f		13	na	406	1058	8,0	15,40	37,85	27620
		R	Meunier rouge	m	49	9	na	335	536	8,0	9,10	24,40	na
		R	Meunier rouge	f		32	na	380	772	9,0	12,64	42,26	21567
		R	Meunier noir	m	13	7	na	366	756	7,0	8,23	46,52	na
		R	Meunier noir	f		4	na	364	715	5,0	9,56	18,13	24993

Légende: i: Immature, f: Femelle, m: Mâle, na: Non applicable, nd : non déterminé, E: Zone d'exposition, R: Zone de référence
Italique : Données non considérées car aucune analyse statistique n'a été effectuée
Gras : Donnée non considérées car il y avait deux séries de données disponibles pour une même usine

Annexe 6 Résultats de capture des poissons et moyennes des paramètres morphologiques mesurés chez les populations des zones d'exposition et de référence

No. de projet national	Nom des fabriques (localité)	Zone Pêche	Nom Commun	Sexe	n pêché (m+f)	n mesuré	Long. Totale moyenne (mm)	Long. Fourche moyenne (mm)	Poids Corps moyen (g)	Âge Moyen (ans)	Poids Foie moyen (g)	Poids Gonades moyen (g)	Fécondité Moyenne (n œufs)
PP1147 (suite)	Nortkraft Quévillon inc.	E	Meunier rouge	m	20	12	na	338	569	9,0	6,83	26,25	na
	(Lebel-sur-Quévillon)	E	Meunier rouge	f		6	na	342	558	9,0	7,51	28,52	13421
	(rivière Bell)	E	Meunier noir	m	35	11	na	358	730	8,0	6,40	33,39	na
		E	Meunier noir	f		15	na	346	607	7,0	8,04	19,42	17291
		R	Meunier rouge	m	19	7	na	339	547	8,0	7,98	24,49	na
		R	Meunier rouge	f		7	na	364	725	9,0	11,33	45,71	20317
		R	Meunier noir	m	38	11	na	341	615	7,0	6,52	35,69	na
		R	Meunier noir	f		11	na	356	663	7,0	8,06	25,65	17682
PP1148	Domtar Inc.	E	Meunier noir	m	22	22	395	na	654,9	6,5	4,05	46,79	na
	(Windsor)	E	Meunier noir	f	33	33	433	na	864,7	7,6	8,11	42,87	26906
		E	Achigan à petite bouche	m	29	29	333	na	536,9	3,5	5,24	2,73	na
		E	Achigan à petite bouche	f	26	26	358	na	760,8	4,7	10,37	18,32	13680
		R	Meunier noir	m	29	29	387	na	655,6	6,0	3,87	58,32	na
		R	Meunier noir	f	31	31	417	na	796,1	6,2	6,23	43,82	26621
		R	Achigan à petite bouche	m	31	31	321	na	510	4,2	5,67	3,01	na
		R	Achigan à petite bouche	f	30	30	352	na	683	4,6	8,47	18,23	14052

Légende: i: Immature, f: Femelle, m: Mâle, na: Non applicable, nd : non déterminé, E: Zone d'exposition, R: Zone de référence
Italique : Données non considérées car aucune analyse statistique n'a été effectuée
Gras : Donnée non considérées car il y avait deux séries de données disponibles pour une même usine

Annexe 6 Résultats de capture des poissons et moyennes des paramètres morphologiques mesurés chez les populations des zones d'exposition et de référence

No. de projet national	Nom des fabriques (localité)	Zone Pêche	Nom Commun	Sexe	n pêché (m+f)	n mesuré	Long. Totale moyenne (mm)	Long. Fourche moyenne (mm)	Poids Corps moyen (g)	Âge Moyen (ans)	Poids Foie moyen (g)	Poids Gonades moyen (g)	Fécondité Moyenne (n œufs)
PP1153	Papiers Masson ltée (Masson-Angers) (1997)	E	Perchaude	m	98	12	nd	na	nd	nd	nd	nd	na
		E	Perchaude	f		48	nd	na	nd	nd	nd	nd	nd
		E	Raseux-de-terre noir	m	61	20	nd	na	nd	nd	nd	nd	na
		E	Raseux-de-terre noir	f		36	nd	na	nd	nd	nd	nd	nd
		R	Perchaude	m	82	16	nd	na	nd	nd	nd	nd	na
		R	Perchaude	f		36	nd	na	nd	nd	nd	nd	nd
		R	Raseux-de-terre noir	m	77	23	nd	na	nd	nd	nd	nd	na
		R	Raseux-de-terre noir	f		35	nd	na	nd	nd	nd	nd	nd
PP1153 (suite)	**Papiers Masson ltée (Masson-Angers) (1998)**	**E**	**Perchaude**	**m**	**45**	**nd**	**nd**	**na**	**nd**	**nd**	**nd**	**nd**	**na**
		E	**Perchaude**	**f**		**nd**	**nd**	**na**	**nd**	**nd**	**nd**	**nd**	**nd**
		E	**Raseux-de-terre noir**	**m**		**nd**	**nd**	**na**	**nd**	**nd**	**nd**	**nd**	**na**
		E	**Raseux-de-terre noir**	**f**		**nd**	**nd**	**na**	**nd**	**nd**	**nd**	**nd**	**nd**
		R	**Perchaude**	**m**	**82**	**nd**	**nd**	**na**	**nd**	**nd**	**nd**	**nd**	**na**
		R	**Perchaude**	**f**		**nd**	**nd**	**na**	**nd**	**nd**	**nd**	**nd**	**nd**
		R	**Raseux-de-terre noir**	**m**		**nd**	**nd**	**na**	**nd**	**nd**	**nd**	**nd**	**na**
		R	**Raseux-de-terre noir**	**f**		**nd**	**nd**	**na**	**nd**	**nd**	**nd**	**nd**	**nd**

Légende: i: Immature, f: Femelle, m: Mâle, na: Non applicable, nd : non déterminé, E: Zone d'exposition, R: Zone de référence
Italique : Données non considérées car aucune analyse statistique n'a été effectuée
Gras : Donnée non considérées car il y avait deux séries de données disponibles pour une même usine

Annexe 6 Résultats de capture des poissons et moyennes des paramètres morphologiques mesurés chez les populations des zones d'exposition et de référence

No. de projet national	Nom des fabriques (localité)	Zone Pêche	Nom Commun	Sexe	n pêché (m+f)	n mesuré	Long. Totale moyenne (mm)	Long. Fourche moyenne (mm)	Poids Corps moyen (g)	Âge Moyen (ans)	Poids Foie moyen (g)	Poids Gonades moyen (g)	Fécondité Moyenne (n œufs)
PP1177	Compagnie Abitibi-Consolidated du Canada (Alma)	E	Barbotte brune	m	58	37	na	221	161	4,0	2,97	0,38	na
		E	Barbotte brune	f		18	na	213	143	4,0	2,76	1,36	2127
		E	Meunier rouge	m	122	27	na	295	354	6,0	4,73	18,09	na
		E	Meunier rouge	f		37	na	304	390	5,0	5,78	390	16386
		R	Barbotte brune	m	154	43	na	196	107	4,0	1,67	0,22	na
		R	Barbotte brune	f		34	na	179	83	4,0	1,15	0,71	1199
		R	Meunier rouge	m	9	4	na	320	454	8,0	5,41	16,90	na
		R	Meunier rouge	f		3	na	324	510	6,0	6,25	24,93	23667
PP1183 PP1179	Papier Cascade Lupel inc. et Désencrage CMD inc. (Cap-de-la-Madeleine)	E	Perchaude	m	912	28	151	na	47,3	3,8	0,575	0,29	na
		E	Perchaude	f		28	181	na	83,01	4,3	0,948	0,86	9015
		E	Omisco	m	367	31	66	na	2,67	2,9	0,032	0,00	na
		E	Omisco	f		28	68	na	3,13	2,9	0,034	0,04	nd
		R	Perchaude	m	242	29	141	na	40,2	3,2	0,494	0,25	na
		R	Perchaude	f		30	182	na	86,56	4,1	1,108	0,94	12220
		R	Omisco	m	299	36	69	na	3,03	2,8	0,036	0,01	na
		R	Omisco	f		33	70	na	3,65	2,8	0,036	0,03	nd

Légende: i: Immature, f: Femelle, m: Mâle, na: Non applicable, nd : non déterminé, E: Zone d'exposition, R: Zone de référence
Italique : Données non considérées car aucune analyse statistique n'a été effectuée
Gras : Donnée non considérées car il y avait deux séries de données disponibles pour une même usine

Annexe 6 Résultats de capture des poissons et moyennes des paramètres morphologiques mesurés chez les populations des zones d'exposition et de référence

No. de projet national	Nom des fabriques (localité)	Zone Pêche	Nom Commun	Sexe	n pêché (m+f)	n mesuré	Long. Totale moyenne (mm)	Long. Fourche moyenne (mm)	Poids Corps moyen (g)	Âge Moyen (ans)	Poids Foie moyen (g)	Poids Gonades moyen (g)	Fécondité Moyenne (n œufs)
PP1181	Fibres Breakey (Breakeyville)	E	Naseux des rapides	m	273	31	75	na	3,91	3,7	0,068	0,03	na
		E	Naseux des rapides	f		32	80	na	5,05	4,0	0,087	0,21	493
		E	Raseux-de-terre noir	m	312	30	64	na	2,61	3,4	0,016	0,00	na
		E	Raseux-de-terre noir	f		33	69	na	3,23	3,5	0,021	0,01	nd
		R	Naseux des rapides	m	217	31	74	na	3,68	3,5	0,070	0,03	na
		R	Naseux des rapides	f		25	86	na	5,83	3,6	0,124	0,28	553
		R	Raseux-de-terre noir	m	197	31	66	na	2,58	3,3	0,019	0,00	na
		R	Raseux-de-terre noir	f		32	70	na	3,15	3,4	0,025	0,02	nd
PP1182	Pâte Mohawk ltée (St-Antonin)	E	Meunier noir	m	243	37	na	284	309	7,0	2,82	17,48	na
		E	Meunier noir	f		27	na	308	370	8,0	4,20	13,79	10387
		E	Perchaude	m	73	37	na	122	26	4,0	0,22	2,31	na
		E	Perchaude	f		27	na	211	146	6,0	2,10	4,65	15016
		R	Meunier noir	m	87	35	na	289	318	7,0	2,98	18,17	na
		R	Meunier noir	f		30	na	314	407	6,0	5,32	17,54	12786
		R	Perchaude	m	88	35	na	131	33	4,0	0,26	3,00	na
		R	Perchaude	f		30	na	192	112	6,0	1,50	4,01	12985

Légende: i: Immature, f: Femelle, m: Mâle, na: Non applicable, nd : non déterminé, E: Zone d'exposition, R: Zone de référence
Italique : Données non considérées car aucune analyse statistique n'a été effectuée
Gras : Donnée non considérées car il y avait deux séries de données disponibles pour une même usine

Annexe 6 Résultats de capture des poissons et moyennes des paramètres morphologiques mesurés chez les populations des zones d'exposition et de référence

No. de projet national	Nom des fabriques (localité)	Zone Pêche	Nom Commun	Sexe	n pêché (m+f)	n mesuré	Long. Totale moyenne (mm)	Long. Fourche moyenne (mm)	Poids Corps moyen (g)	Âge Moyen (ans)	Poids Foie moyen (g)	Poids Gonades moyen (g)	Fécondité Moyenne (n œufs)
PP1184	Compagnie Abitibi-Consolidated du Canada (Amos)	E	Barbotte brune	m	780	63	291	na	336	9,0	7,22	0,59	na
		E	Barbotte brune	f		30	291	na	320	8,0	8,29	3,22	6838
		E	Meunier rouge	m	129	30	na	347	559	8,0	7,14	23,88	na
		E	Meunier rouge	f		41	na	379	732	8,0	11,60	31,11	20586
		R	Barbotte brune	m	260	52	281	na	295	8,0	5,35	0,45	na
		R	Barbotte brune	f		30	281	na	288	9,0	6,63	3,02	6081
		R	Meunier rouge	m	60	30	na	331	484	7,0	5,37	20	na
		R	Meunier rouge	f		17	na	364	620	8,0	8,33	34,87	15006
PP1187	J. Ford ltée (Portneuf)	E	Meunier noir	m	42	16	na	224	151,3	2,8	1,80	10,00	na
		E	Meunier noir	f		21	na	235	182	2,8	2,20	9,80	17672
		E	Meunier noir	i		5	na	113	17,2	0,8	0,20	nd	na
		E	**Meunier rouge**	**mf**	**4**	**0**	**na**	**nd**	**nd**	**nd**	**nd**	**nd**	**na**
		R	Meunier noir	m	184	28	na	190	82,9	3,2	0,70	4,40	na
		R	Meunier noir	f		114	na	185	100,4	3,1	1,20	6,80	11449
		R	Meunier noir	i		42	na	123	22,2	1,5	0,20	nd	na
		R	**Meunier rouge**	**mf**	**67**	**0**	**na**	**nd**	**nd**	**nd**	**nd**	**nd**	**na**

Légende: i: Immature, f: Femelle, m: Mâle, na: Non applicable, nd : non déterminé, E: Zone d'exposition, R: Zone de référence
Italique : Données non considérées car aucune analyse statistique n'a été effectuée
Gras : Donnée non considérées car il y avait deux séries de données disponibles pour une même usine

Annexe 6 Résultats de capture des poissons et moyennes des paramètres morphologiques mesurés chez les populations des zones d'exposition et de référence

No. de projet national	Nom des fabriques (localité)	Zone Pêche	Nom Commun	Sexe	n pêché (m+f)	n mesuré	Long. Totale moyenne (mm)	Long. Fourche moyenne (mm)	Poids Corps moyen (g)	Âge Moyen (ans)	Poids Foie moyen (g)	Poids Gonades moyen (g)	Fécondité Moyenne (n œufs)
PP1188	Papiers Scott ltée (Lennoxville) (rivière Massawippi)	E	Meunier noir	m	50	7	na	329	527,9	3,7	10,90	33,60	na
		E	Meunier noir	f		23	na	368	783,5	4,1	11,60	48,60	29023
		E	Meunier noir	i		15	na	223	202	1,5	2,70	nd	na
		E	Ouitouche	m	296	4	na	172	71	2,0	1,00	1,00	na
		E	Ouitouche	f		14	na	160	55,5	1,9	0,800	1,40	4298
		E	Ouitouche	i		5	na	138	38,9	1,5	0,600	nd	na
		R	Meunier noir	m	39	12	na	322	538,1	3,3	4,70	37,00	na
		R	Meunier noir	f		19	na	327	492,6	3,2	5,70	21,70	21942
		R	Meunier noir	i		7	na	212	129,6	1,3	1,30	nd	na
		R	Ouitouche	m	56	nd	na	nd	nd	nd	nd	nd	na
		R	Ouitouche	f		nd	na	nd	nd	nd	nd	nd	nd
		R	Ouitouche	i		nd	na	nd	nd	nd	nd	nd	na

Légende: i: Immature, f: Femelle, m: Mâle, na: Non applicable, nd : non déterminé, E: Zone d'exposition, R: Zone de référence
Italique : Données non considérées car aucune analyse statistique n'a été effectuée
Gras : Donnée non considérées car il y avait deux séries de données disponibles pour une même usine

Annexe 6 Résultats de capture des poissons et moyennes des paramètres morphologiques mesurés chez les populations des zones d'exposition et de référence

No. de projet national	Nom des fabriques (localité)	Zone Pêche	Nom Commun	Sexe	n pêché (m+f)	n mesuré	Long. Totale moyenne (mm)	Long. Fourche moyenne (mm)	Poids Corps moyen (g)	Âge Moyen (ans)	Poids Foie moyen (g)	Poids Gonades moyen (g)	Fécondité Moyenne (n œufs)
PP1188 (suite)	(rivière St-François)	R	Meunier noir	m	26	8	na	350	643,1	4,0	9,60	53,00	na
		R	Meunier noir	f		13	na	382	850,4	4,4	14,60	54,70	28533
		R	Meunier noir	i		5	na	155	84,6	1,0	nd	nd	na
		R	Ouitouche	m	387	8	na	224	192,4	3,4	2,10	2,00	na
		R	Ouitouche	f		13	na	144	47,7	1,5	0,70	1,10	6463
		R	Ouitouche	i		21	na	130	32,1	1,2	0,30	nd	na
PP1191	Tembec, Groupe Papiers, Usine St-Raymond (St-Léonard-de-Portneuf)	E	Meunier	m	120	38	na	165	62	5,0	0,71	4,17	na
		E	Meunier rouge	f		56	na	190	82	5,0	1,05	4,53	4959
		E	Meunier noir	m	144	41	na	359	574	6,0	4,59	27,16	na
		E	Meunier noir	f		15	na	370	621	7,0	6,44	16,31	14074
		R	Meunier rouge	m	127	17	na	159	53	5,0	0,41	3,23	na
		R	Meunier rouge	f		63	na	163	55	5,0	0,57	2,87	2748
		R	Meunier noir	m	215	15	na	316	394	7,0	4,39	12,02	na
		R	Meunier noir	f		11	na	330	444	8,0	4,83	13,35	11481

Légende: i: Immature, f: Femelle, m: Mâle, na: Non applicable, nd : non déterminé, E: Zone d'exposition, R: Zone de référence
Italique : Données non considérées car aucune analyse statistique n'a été effectuée
Gras : Donnée non considérées car il y avait deux séries de données disponibles pour une même usine

Annexe 6 Résultats de capture des poissons et moyennes des paramètres morphologiques mesurés chez les populations des zones d'exposition et de référence

No. de projet national	Nom des fabriques (localité)	Zone Pêche	Nom Commun	Sexe	n pêché (m+f)	n mesuré	Long. Totale moyenne (mm)	Long. Fourche moyenne (mm)	Poids Corps moyen (g)	Âge Moyen (ans)	Poids Foie moyen (g)	Poids Gonades moyen (g)	Fécondité Moyenne (n œufs)
PP1194	Cascades Groupe Tissu inc.	E	Naseux des rapides	m	312	33	89	na	7,45	4,6	0,120	0,03	na
	(Lachute)	E	Naseux des rapides	f		34	100	na	10,88	5,5	0,189	0,21	753
		E	Fouille-roche zébré	m	72	19	119	na	18,13	5,9	0,214	0,05	na
		E	Fouille-roche zébré	f		6	123	na	19,77	6,0	0,139	0,10	391
		R	Naseux des rapides	m	236	32	91	na	7,88	4,8	0,126	0,03	na
		R	Naseux des rapides	f		31	99	na	10,65	5,5	0,186	0,22	769
		R	Fouille-roche zébré	m	53	19	117	na	17,18	6,1	0,171	0,04	na
		R	Fouille-roche zébré	f		4	118	na	17,82	6,2	0,169	0,09	359
PP1196	*Papiers Scott ltée (Crabtree)*	*E*	*Meunier noir*	*m*	*8*	*0*	*na*	*nd*	*nd*	*nd*	*nd*	*nd*	*na*
		E	*Meunier noir*	*f*		*2*	*na*	*332*	*492,5*	*5,5*	*4,70*	*16,70*	*26496*
		E	*Chevalier blanc*	*m*	*1*	*1*	*na*	*436*	*1200*	*9,0*	*8,90*	*43,60*	*na*
		E	*Chevalier blanc*	*f*		*0*	*na*	*nd*	*nd*	*nd*	*nd*	*nd*	*nd*
	Rivière Ouareau	*R*	*Meunier noir*	*m*	*85*	*33*	*na*	*319*	*418,8*	*4,9*	*2,50*	*25,80*	*na*
		R	*Meunier noir*	*f*		*43*	*na*	*327*	*440,7*	*5,0*	*3,30*	*12,60*	*20759*
		R	*Chevalier blanc*	*m*	*76*	*37*	*na*	*382*	*865,1*	*8,7*	*5,90*	*37,70*	*na*
		R	*Chevalier blanc*	*f*		*22*	*na*	*406*	*1062,5*	*9,5*	*8,60*	*35,90*	*19554*

Légende: i: Immature, f: Femelle, m: Mâle, na: Non applicable, nd : non déterminé, E: Zone d'exposition, R: Zone de référence
Italique : Données non considérées car aucune analyse statistique n'a été effectuée
Gras : Donnée non considérées car il y avait deux séries de données disponibles pour une même usine

Annexe 6 Résultats de capture des poissons et moyennes des paramètres morphologiques mesurés chez les populations des zones d'exposition et de référence

No. de projet national	Nom des fabriques (localité)	Zone Pêche	Nom Commun	Sexe	n pêché (m+f)	n mesuré	Long. Totale moyenne (mm)	Long. Fourche moyenne (mm)	Poids Corps moyen (g)	Âge Moyen (ans)	Poids Foie moyen (g)	Poids Gonades moyen (g)	Fécondité Moyenne (n œufs)
PP1196 (suite)	*Rivière Rouge*	*R*	*Meunier noir*	*m*	*95*	*19*	*na*	*315*	*405,8*	*4,7*	*2,50*	*24,30*	*na*
		R	*Meunier noir*	*f*		*55*	*na*	*327*	*449,2*	*5,2*	*3,60*	*16,30*	*23759*
		R	*Chevalier blanc*	*m*	*18*	*7*	*na*	*339*	*630*	*6,1*	*4,10*	*24,80*	*na*
		R	*Chevalier blanc*	*f*		*10*	*na*	*339*	*666*	*6,8*	*4,80*	*24,30*	*24131*
PP1198	Cascades Groupe Papiers Fins inc. (St-Jérôme)	E	Meunier noir	m	172	31	345	na	502	5,4	5,70	27,40	na
		E	Meunier noir	f		31	365	na	597	5,2	8,20	19,00	22125
		E	Perchaude	m	9	0	nd	na	nd	nd	nd	nd	na
		E	Perchaude	f		0	nd	na	nd	nd	nd	nd	nd
		R	Meunier noir	m	117	31	337	na	453	4,9	5,00	23,70	na
		R	Meunier noir	f		31	368	na	575	5,2	7,80	19,90	19413
		R	Perchaude	m	0	0	nd	na	nd	nd	nd	nd	na
		R	Perchaude	f		0	nd	na	nd	nd	nd	nd	nd

Légende: i: Immature, f: Femelle, m: Mâle, na: Non applicable, nd : non déterminé, E: Zone d'exposition, R: Zone de référence
Italique : Données non considérées car aucune analyse statistique n'a été effectuée
Gras : Donnée non considérées car il y avait deux séries de données disponibles pour une même usine

Annexe 6 Résultats de capture des poissons et moyennes des paramètres morphologiques mesurés chez les populations des zones d'exposition et de référence

No. de projet national	Nom des fabriques (localité)	Zone Pêche	Nom Commun	Sexe	n pêché (m+f)	n mesuré	Long. Totale moyenne (mm)	Long. Fourche moyenne (mm)	Poids Corps moyen (g)	Âge Moyen (ans)	Poids Foie moyen (g)	Poids Gonades moyen (g)	Fécondité Moyenne (n œufs)
PP1201	Spruce Falls inc. (Matane)	E	Chaboisseau à épines courtes	f	48	30	351	nd	763	5.7	35.8	43.1	26265
		R	Chaboisseau à épines courtes	f	45	28	314	nd	542	4.7	24	38.3	26157
PP1208	*Cascades inc.*	*E*	*Meunier noir*	*m*	*10*	*5*	*377*	*na*	*524*	*5,6*	*5,60*	*18,80*	*na*
	(Kingsey Falls)	*E*	*Meunier noir*	*f*		*5*	*402*	*na*	*624*	*6,2*	*6,90*	*17,80*	*23243*
		E	*Chevalier blanc*	*m*	*23*	*13*	*480*	*na*	*1173*	*11,9*	*10,30*	*17,40*	*na*
		E	*Chevalier blanc*	*f*		*7*	*484*	*na*	*1282*	*11,3*	*14,00*	*22,50*	*12423*
		R	*Meunier noir*	*m*	*47*	*9*	*357*	*na*	*527*	*4,2*	*5,40*	*26,10*	*na*
		R	*Meunier noir*	*f*		*28*	*399*	*na*	*799*	*5,5*	*6,80*	*24,50*	*24492*
		R	*Chevalier blanc*	*m*	*40*	*19*	*497*	*na*	*1580*	*11,3*	*14,10*	*58,30*	*na*
		R	*Chevalier blanc*	*f*		*18*	*530*	*na*	*1828*	*11,7*	*19,80*	*58,30*	*26697*

Légende. i: Immature, f: Femelle, m: Mâle, na: Non applicable, nd : non déterminé, E: Zone d'exposition, R: Zone de référence
Italique : Données non considérées car aucune analyse statistique n'a été effectuée
Gras : Donnée non *considérées car il y avait deux séries de données disponibles pour une même usine*

Annexe 7 Comparaisons par ANOVA de l'âge et par ANCOVA des relations morphométriques des poissons entre la zone d'exposition et de référence – cycle 2

No. de projet national	Nom des fabriques (localité)	Nom commun	Sexe	Différence (%) entre Zone Exposition - Zone Référence										Différences significatives/ Nombre de comparaisons
				Âge	Longueur/ Âge	Poids/ Âge	Poids/ Longueur	Poids foie/ Longueur	Poids foie/ Poids corporel	Poids gonades/ Longueur	Poids gonades/ Poids corporel	Fécondité/ Longueur	Fécondité/ Poids corporel	
PP1086	Papiers Fraser Nexfor (Thurso)	Perchaude	m	-	-	-	-	x	+	ns	ns	x	x	5/7
		Perchaude	f	ns	ns	ns	ns	x	ns	ns	ns	ns	ns	0/9
		Perchaude	i	x	x	x	-	x	+	ns	ns	x	x	2/4
		Raseux-de-terre noir	m	x	x	x	ns	x	ns	ns	ns	x	x	0/4
		Raseux-de-terre noir	f	x	x	x	+	x	ns	ns		x	x	1/4
PP1088	Compagnie Abitibi-Consolidated du Canada (Baie-Comeau)	Chaboisseau à épines courtes	m	ns	x	x	ns	+40,7	ns	ns	ns	x	x	1/6
		Chaboisseau à épines courtes	f	ns	ns	-39.9	ns	ns	ns	ns	ns	x	x	1/8
PP1091	Compagnie Abitibi-Consolidated du Canada (Beaupré)	Meunier rouge	m	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	x	x	0/8
		Meunier rouge	f	+	ns	ns	-5,6	ns	-13,3	ns	ns	ns	ns	3/10
		Chabot tacheté	m	ns	ns	ns	-8	-13,8	-20,6	ns	ns	x	x	3/8
		Chabot tacheté	f	-	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	1/10
		Chabot tacheté	i	-	ns	ns	-4,2	-12	ns	ns	ns	x	x	3/8
PP1092	Bowater Produits forestiers du Canada inc. (Donnacona)	Meunier rouge	m	ns	ns	ns	+5	+21,3	+16,9	-12,8	-14,1	x	x	5/8
		Meunier rouge	f	+	ns	ns	ns	ns	ns	-20,2	-26,3	ns	ns	3/10
		Meunier noir	m	ns	ns	x	ns	+26,6	+20,3	x	ns	x	x	2/6
		Meunier noir	f	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	x	ns	0/9
PP1094	Tembec inc. (Témiscaming)	Meunier noir	m	+	x	+48,8	+17,9	+73,2	+42	ns	ns	x	x	5/7
		Meunier noir	f	ns	+9,9	+49,2	+20,6	+50,9	+36,4	ns	ns	ns	ns	5/10
		Ouitouche	m	ns	+11,8	+64	ns	ns	ns	-43,7	-50,5	x	x	4/8
		Ouitouche	f	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x

Légende: i: Immature, f: Femelle, m: Mâle, ns: Non significatif, x: Non applicable (données insuffisantes ou pentes inégales), +: Valeur plus grande en zone exposée, -: Valeur inférieure en zone exposée

Annexe 7 Comparaisons par ANOVA de l'âge et par ANCOVA des relations morphométriques des poissons entre la zone d'exposition et de référence – cycle 2

No. de projet national	Nom des fabriques (localité)	Nom commun	Sexe	Différence (%) entre Zone Exposition - Zone Référence										Différences significatives/ Nombre de comparaisons
				Âge	Longueur/ Âge	Poids/ Âge	Poids/ Longueur	Poids foie/ Longueur	Poids foie/ Poids corporel	Poids gonades/ Longueur	Poids gonades/ Poids corporel	Fécondité/ Longueur	Fécondité/ Poids corporel	
PP1098	Emballages Smurfit- Stone Canada inc. (La Tuque)	Meunier noir	m	+	x	x	-18,4	-24	ns	x	-27	x	x	4/5
		Meunier noir	f	ns	-9,8	-37,2	-17,4	-21,4	ns	-23,3	ns	x	x	5/8
		Crapet de roche	m	ns	-9	-29,5	ns	ns	ns	x	x	x	x	2/6
		Crapet de roche	f	ns	-8,7	ns	ns	ns	ns	+15,9	ns	x	x	2/8
PP1101	Emballages Smurfit-Stone Canada inc. (New-Richmond)	Plie rouge	m	x	ns	ns	ns	ns	ns	x	+	x	x	1/6
		Plie rouge	f	x	ns	ns	ns	ns	ns	x	ns	ns	ns	0/8
		Chaboisseau à épines courtes	m	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
		Chaboisseau à épines courtes	f	x	ns	ns	ns	ns	ns	x	+	x	x	1/6
PP1102	Emballages Smurfit-Stone Canada inc. (Portage- du-Fort) (est)	Meunier noir	m	x	-	ns	ns	x	ns	x	ns	x	x	1/5
		Meunier noir	f	x	ns	ns	ns	x	ns	x	ns	ns	ns	0/7
		Barbue de rivière	m	x	+	+	+	x	+	x	ns	x	x	4/5
		Barbue de rivière	f	x	+	+	ns	x	ns	x	ns	ns	ns	2/7
PP1104	Compagnie Abitibi-Consolidated du Canada (Clermont)	Meunier rouge	m	-	+154,1	+383,3	ns	ns	ns	ns	-24,9	x	x	4/8
		Meunier rouge	f	-	x	x	ns	ns	ns	x	-29	ns	ns	2/7
		Naseux des rapides	m	+	+6,5	x	ns	x	x	ns	x	x	x	2/4
		Naseux des rapides	f	+	+6	x	ns	+66,7	+60,9	ns	ns	+44,2	+45,4	6/9

Légende: i: Immature, f: Femelle, m: Mâle, ns: Non significatif, x: Non applicable (données insuffisantes ou pentes inégales), +: Valeur plus grande en zone exposée, -: Valeur inférieure en zone exposée

Annexe 7 Comparaisons par ANOVA de l'âge et par ANCOVA des relations morphométriques des poissons entre la zone d'exposition et de référence – cycle 2

No. de projet national	Nom des fabriques (localité)	Nom commun	Sexe	Différence (%) entre Zone Exposition - Zone Référence									Différences significatives/ Nombre de comparaisons
				Âge	Longueur/ Âge	Poids/ Âge	Poids/ Longueur	Poids foie/ Longueur	Poids foie/ Poids corporel	Poids gonades/ Longueur	Poids gonades/ Poids corporel	Fécondité/ Longueur	Fécondité/ Poids corporel	
PP1106	SFK Pâte S.E.N.C. (St-Félicien)	Barbotte brune	m	ns	-6,4	-23,1	x	-15,3	-13,7	ns	ns	x	x	4/7
		Barbotte brune	f	ns	ns	x	x	-12,7	-8,7	x	ns	ns	ns	2/7
		Meunier noir	m	ns	x	x	x	x	x	x	x	x	x	0/1
		Meunier noir	f	ns	x	x	ns	x	x	ns	ns	x	x	0/4
PP1114	Norampac inc. (Cabano)	Meunier noir	m	ns	x	x	+5.6	x	x	ns	ns	x	x	1/4
		Meunier noir	f	ns	x	x	+5	x	x	ns	ns	x	x	1/4
		Perchaude	m	+	ns	ns	ns	x	x	x	+8	x	x	2/5
		Perchaude	f	ns	ns	ns	ns	+26,4	ns	ns	ns	ns	ns	1/10
PP1117	Cascades East-Angus inc., Division Cartech, Paperboard Industries Corp. (East-Angus)	Meunier noir	m	+	+3,6	+21	+12	+156	x	+17	ns	x	x	6/7
		Meunier noir	f	+	+2,5	+23	+16	+136	x	+35	ns	x	+21	7/8
		Dard tesselé	m	ns	ns	ns	+6,7	ns	ns	+38	+28	x	x	3/8
		Dard tesselé	f	ns	ns	ns	ns	+35	+32	x	x	ns	ns	2/8
PP1118	Bowater Produits forestiers du Canada inc. (1998) (Gatineau)	Perchaude	m	ns	ns	ns	ns	x	ns	ns	ns	x	x	0/7
		Perchaude	f	ns	ns	ns	ns	x	ns	ns	ns	ns	ns	0/9
		Perchaude	i	x	ns	ns	ns	x	ns	ns	ns	x	x	0/6
		Raseux-de-terre noir	m	ns	ns	ns	ns	x	ns	ns	ns	x	x	0/7
		Raseux-de-terre noir	f	ns	x	x	ns	x	ns	-	+14	x	x	2/5

Légende: i: Immature, f: Femelle, m: Mâle, ns: Non significatif, x: Non applicable (données insuffisantes ou pentes inégales), +: Valeur plus grande en zone exposée, -: Valeur inférieure en zone exposée

Annexe 7 Comparaisons par ANOVA de l'âge et par ANCOVA des relations morphométriques des poissons entre la zone d'exposition et de référence – cycle 2

No. de projet national	Nom des fabriques (localité)	Nom commun	Sexe	Différence (%) entre Zone Exposition - Zone Référence									Différences significatives/ Nombre de comparaisons
				Âge	Longueur/ Âge	Poids/ Âge	Poids/ Longueur	Poids foie/ Longueur	Poids foie/ Poids corporel	Poids gonades/ Longueur	Poids gonades/ Poids corporel	Fécondité/ Longueur	Fécondité/ Poids corporel	
PP1131	Kruger inc. (Bromptonville)	Meunier noir	m	+	ns	ns	ns	ns	-17	ns	-11	x	x	3/8
		Meunier noir	f	+	ns	ns	ns	ns	ns	x	-13	-15	-12	4/9
		Dard tesselé	m	ns	x	x	ns	ns	ns	x	ns	x	x	0/5
		Dard tesselé	f	ns	x	ns	ns	ns	ns	+12	x	ns	ns	1/8
PP1132	Compagnie Abitibi-Consolidated du Canada (Jonquière)	Meunier rouge	m	ns	+13	+43,2	+6,2	+25,4	+20,3	-15,2	-22	x	x	7/8
		Meunier rouge	f	ns	na	na	na	na	na	-19	-14,2	ns	ns	2/5
PP1135	Compagnie Abitibi-Consolidated du Canada (Shawinigan)	Meunier noir	m	+	-4,6	x	ns	x	+21,1	x	-47,4	x	x	4/5
		Meunier noir	f	+	x	-22,7	x	x	ns	ns	ns	-29,5	-29,9	4/7
		Crapet de roche	m	ns	x	x	x	x	x	x	x	x	x	0/1
		Crapet de roche	f	ns	x	x	ns	ns	-23,2	-28	-25	x	x	3/6
PP1138	F.F. Soucy inc. (Rivière-du-Loup)	Naseux noir	m	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
		Naseux noir	f	x	x	x	x	x	+20	x	ns	x	ns	1/3
		Mulet perlé	m	x	x	x	x	x	+59,7	x	x	x	x	1/1
		Mulet perlé	f	x	x	x	x	x	+29,3	x	x	x	ns	1/2
PP1145	Cascades Groupe Carton Plat inc. (Jonquière)	Meunier rouge	m	ns	x	+24,6	+7	+40,5	+27,7	ns	ns	x	x	4/7
		Meunier rouge	f	+	+10,1	+28,9	x	+75,6	+69,7	+79,1	+71,1	-26,8	-30,8	9/9
		Meunier noir	m	-	+13,8	+47,9	+8,7	+41,6	+33,9	ns	x	x	x	6/7
		Meunier noir	f	-	+9,4	+42,6	+5,5	+24,4	+17,6	+52,6	+43,6	x	x	8/8

Légende: i: Immature, f: Femelle, m: Mâle, ns: Non significatif, x: Non applicable (données insuffisantes ou pentes inégales), +: Valeur plus grande en zone exposée, -: Valeur inférieure en zone exposée

Annexe 7 Comparaisons par ANOVA de l'âge et par ANCOVA des relations morphométriques des poissons entre la zone d'exposition et de référence – cycle 2

No. de projet national	Nom des fabriques (localité)	Nom commun	Sexe	Différence (%) entre Zone Exposition - Zone Référence										Différences significatives/ Nombre de comparaisons
				Âge	Longueur/ Âge	Poids/ Âge	Poids/ Longueur	Poids foie/ Longueur	Poids foie/ Poids corporel	Poids gonades/ Longueur	Poids gonades/ Poids corporel	Fécondité/ Longueur	Fécondité/ Poids corporel	
PP1147	Nortkraft	Meunier rouge	m	ns	x	x	ns	x	ns	ns	ns	x	x	0/5
	Quévillon inc.	Meunier rouge	f	ns	x	x	ns	x	ns	ns	ns	x	ns	0/6
	(Lebel-sur-Quévillon)	Meunier noir	m	ns	x	x	ns	x	x	ns	ns	x	x	0/4
	(rivière Quévillon)	Meunier noir	f	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	(rivière Bell)	Meunier rouge	m	ns	x	x	ns	x	x	x	x	x	x	0/2
		Meunier rouge	f	ns	x	x	ns	x	x	x	ns	x	x	0/3
		Meunier noir	m	ns	ns	ns	ns	-22,3	-23,1	ns	x	x	x	2/7
		Meunier noir	f	ns	ns	ns	ns	x	ns	ns	ns	x	ns	0/8
PP1148	Domtar Inc.	Meunier noir	m	ns	ns	ns	-5	x	ns	-21	-18	x	x	3/7
	(Windsor)	Meunier noir	f	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	0/10
		Achigan à petite bouche	m	ns	+9,3	+41	+5,2	ns	-12	ns	-15	x	x	5/8
		Achigan à petite bouche	f	ns	ns	+12	+4	ns	ns	ns	-18	ns	-21	4/10
PP1153	Papiers Masson ltée	Perchaude	m	ns	ns	ns	ns	ns	x	ns	ns	x	x	0/6
	(Masson-Anger)	Perchaude	f	ns	ns	+3,3	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	1/9
	(1997)	Raseux-de-terre noir	m	x	x	x	ns	x	ns	ns	ns	x	x	0/4
		Raseux-de-terre noir	f	x	x	x	ns	x	ns	-	ns	x	x	1/4
PP1177	Compagnie Abitibi-Consolidated du Canada (Alma)	Barbotte brune	m	ns	x	+42,9	x	x	+23,3	+36,8	ns	x	x	3/5
		Barbotte brune	f	ns	x	x	+17	+47,2	+27,9	+31,5	ns	+31,2	ns	5/8
		Meunier rouge	m	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
		Meunier rouge	f	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x

Légende: i: Immature, f: Femelle, m: Mâle, ns: Non significatif, x: Non applicable (données insuffisantes ou pentes inégales), +: Valeur plus grande en zone exposée, -: Valeur inférieure en zone exposée

Annexe 7 Comparaisons par ANOVA de l'âge et par ANCOVA des relations morphométriques des poissons entre la zone d'exposition et de référence – cycle 2

No. de projet national	Nom des fabriques (localité)	Nom commun	Sexe	Différence (%) entre Zone Exposition - Zone Référence									Différences significatives/ Nombre de comparaisons
				Âge	Longueur/ Âge	Poids/ Âge	Poids/ Longueur	Poids foie/ Longueur	Poids foie/ Poids corporel	Poids gonades/ Longueur	Poids gonades/ Poids corporel	Fécondité/ Longueur	Fécondité/ Poids corporel	
PP1183 PP1179	Papier Cascade Lupel inc. et Désencrage CMD inc. (Cap-de-la-Madeleine)	Perchaude	m	+	ns	+13,6	ns	ns	ns	ns	ns	x	x	2/8
		Perchaude	f	ns	ns	ns	ns	-14,4	-14,4	ns	ns	-26,2	-26,2	4/10
		Omisco	m	ns	x	x	ns	ns	ns	ns	ns	x	x	0/6
		Omisco	f	ns	x	x	ns	x	ns	x	x	x	x	0/3
PP1181	Fibres Breakey (Breakeyville)	Naseux des rapides	m	ns	ns	ns	+3,6	ns	-4,3	-6,9	ns	x	x	3/8
		Naseux des rapides	f	ns	ns	+9,3	+7,3	+88,7	-29,8	ns	ns	+15,9	ns	5/10
		Raseux-de-terre noir	m	ns	x	x	+9,9	ns	-16,8	+7,7	-3,9	x	x	4/6
		Raseux-de-terre noir	f	ns	ns	ns	+5,2	x	x	x	x	x	x	1/4
PP1182	Pâte Mohawk ltée (St-Antonin)	Meunier noir	m	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	x	x	0/8
		Meunier noir	f	+	-12,3	-37,9	ns	-13,6	-12,7	x	-14,1	-13	-14,2	8/9
		Perchaude	m	ns	x	x	ns	ns	ns	ns	ns	x	x	0/6
		Perchaude	f	ns	+13,2	+34	ns	+17,6	+15	ns	ns	ns	ns	4/10
PP1184	Compagnie Abitibi-Consolidated du Canada (Amos)	Barbotte brune	m	+	x	+14	ns	x	+14,2	x	+17,4	x	x	4/5
		Barbotte brune	f	-	x	x	ns	+17	x	ns	ns	ns	x	1/5
		Meunier rouge	m	ns	ns	+12	ns	+22,1	+17,2	ns	ns	x	x	3/8
		Meunier rouge	f	ns	+4,7	+13,2	ns	+27,9	+19,9	ns	-54,1	ns	ns	5/10

Légende: i: Immature, f: Femelle, m: Mâle, ns: Non significatif, x: Non applicable (données insuffisantes ou pentes inégales), +: Valeur plus grande en zone exposée, -: Valeur inférieure en zone exposée

Annexe 7 Comparaisons par ANOVA de l'âge et par ANCOVA des relations morphométriques des poissons entre la zone d'exposition et de référence – cycle 2

No. de projet national	Nom des fabriques (localité)	Nom commun	Sexe	Différence (%) entre Zone Exposition - Zone Référence										Différences significatives/ Nombre de comparaisons
				Âge	Longueur/ Âge	Poids/ Âge	Poids/ Longueur	Poids foie/ Longueur	Poids foie/ Poids corporel	Poids gonades/ Longueur	Poids gonades/ Poids corporel	Fécondité/ Longueur	Fécondité/ Poids corporel	
PP1187	J.Ford ltée	Meunier noir	m	x	+	+	+	+	+	x	+	x	x	6/6
	(Portneuf)	Meunier noir	f	x	+	+	+	ns	ns	x	ns	+	+	5/8
PP1188	Papiers Scott	Meunier noir	m	x	x	ns	ns	x	-	x	ns	x	x	1/4
	ltée	Meunier noir	f	x	ns	ns	+	-	-	x	ns	ns	ns	3/8
	(Lennoxville)	Meunier noir	i	x	ns	ns	ns	ns	ns	x	x	x	x	0/5
	(rivière Massawippi)	Ouitouche	m	x	x	x	ns	ns	ns	x	ns	x	x	0/4
		Ouitouche	f	x	x	x	+	ns	ns	x	x	x	+	2/4
		Ouitouche	i	x	ns	ns	+	+	x	x	x	x	x	2/4
	(rivière St-François)	Meunier noir	m	x	ns	ns	ns	-	x	x	x	x	x	1/4
		Meunier noir	f	x	ns	ns	ns	+	+	x	ns	ns	ns	2/8
		Meunier noir	i	x	ns	x	ns	x	x	x	x	x	x	0/2
		Ouitouche	m	x	x	x	ns	ns	ns	x	ns	x	x	0/4
		Ouitouche	f	x	ns	ns	ns	ns	ns	x	-	ns	ns	1/8
		Ouitouche	i	x	ns	ns	ns	ns	ns	x	x	x	x	0/5
PP1191	Tembec, Groupe papiers, Usine St-Raymond (St-Léonard-de-Portneuf)	Meunier rouge	m	ns	x	x	+7,4	x	+25,9	ns	ns	x	x	2/5
		Meunier rouge	f	ns	x	x	x	+40,4	+36	x	ns	ns	ns	2/6
		Meunier noir	m	ns	+14,5	+57,2	ns	ns	ns	ns	ns	x	x	2/8
		Meunier noir	f	ns	x	x	ns	ns	x	x	ns	x	x	0/4

Légende: i: Immature, f: Femelle, m: Mâle, ns: Non significatif, x: Non applicable (données insuffisantes ou pentes inégales), +: Valeur plus grande en zone exposée, -: Valeur inférieure en zone exposée

Annexe 7 Comparaisons par ANOVA de l'âge et par ANCOVA des relations morphométriques des poissons entre la zone d'exposition et de référence – cycle 2

No. de projet national	Nom des fabriques (localité)	Nom commun	Sexe	Différence (%) entre Zone Exposition - Zone Référence										Différences significatives/ Nombre de comparaisons
				Âge	Longueur/ Âge	Poids/ Âge	Poids/ Longueur	Poids foie/ Longueur	Poids foie/ Poids corporel	Poids gonades/ Longueur	Poids gonades/ Poids corporel	Fécondité/ Longueur	Fécondité/ Poids corporel	
PP1194	Cascades Groupe Tissu inc. (Lachute)	Naseux des rapides	m	ns	ns	x	ns	ns	ns	x	x	x	x	0/5
		Naseux des rapides	f	ns	x	x	ns	+4,6	+4,6	ns	ns	ns	ns	2/8
		Fouille-roche zébré	m	ns	x	x	ns	x	x	x	x	x	x	0/2
		Fouille-roche zébré	f	ns	x	x	x	x	x	x	x	x	x	0/1
PP1198	Cascades Groupe Papiers Fins inc. (St-Jérôme)	Meunier noir	m	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	x	x	0/8
		Meunier noir	f	ns	ns	ns	+4,2	ns	ns	ns	-9,7	x	x	2/8
		Perchaude	m	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
		Perchaude	f	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
PP1201	Spruce Falls inc. (Matane)	Chaboisseau à épines courtes	f	+	+	+	ns	ns	ns	-31.1	-26.5	ns	ns	5/10

Légende: i: Immature, f: Femelle, m: Mâle, ns: Non significatif, x: Non applicable (données insuffisantes ou pentes inégales), +: Valeur plus grande en zone exposée, -: Valeur inférieure en zone exposée

Annexe 8 Synopsis des ANCOVA sur les relations morphométriques des poissons entre la zone d'exposition et de référence - cycle 1 et cycle 2.

No. de projet national	Nom des fabriques	Localité	Espèces sentinelles	Sexe	Réponses	
					Cycle 1	Cycle 2
PP1086	Papiers Fraser Nexfor	Thurso	Perchaude	m	S^{A}, H^{+}, R^{0}	S^{-}, H^{+}, R^{0}
			Perchaude	f	S^{-}, H^{0}, R^{0}	S^{0}, H^{0}, R^{0}
			Perchaude	i	na	S^{-}, H^{+}, R^{0}
			Raseux-de-terre noir	m	na	S^{0}, H^{0}, R^{0}
			Raseux-de-terre noir	f	na	S^{+}, H^{0}, R^{0}
			Perchaude	m	S^{A}, H^{+}, R^{0}	S^{0}, H^{0}, R^{+}
			Perchaude	f	S^{-}, H^{0}, R^{0}	S^{0}, H^{0}, R^{0}
			Etheostoma nigrum	m	na	S^{0}, H^{0}, R^{0}
			Etheostoma nigrum	f	na	S^{0}, H^{0}, R^{0}
PP1088	Compagnie Abitibi-Consolidated du Canada	Baie-Comeau	Chaboisseau à épines courtes	m	na	S^{0}, H^{+}, R^{0}
			Chaboisseau à épines courtes	f	na	S^{-}, H^{0}, R^{0}
PP1091	Compagnie Abitibi-Consolidated du Canada	Beaupré	Meunier rouge	m	S^{0}, H^{0}, R^{0}	S^{0}, H^{0}, R^{0}
			Meunier rouge	f	S^{-}, H^{0}, R^{0}	S^{-}, H^{-}, R^{0}
			Chabot tacheté	m	na	S^{-}, H^{-}, R^{0}
			Chabot tacheté	f	na	S^{0}, H^{0}, R^{0}
			Chabot tacheté	i	na	S^{-}, H^{-}, R^{0}
PP1092	Bowater Produits forestiers du Canada inc.	Donnacona	Meunier rouge	m	S^{0}, H^{0}, R^{0}	S^{+}, H^{+}, R^{-}
			Meunier rouge	f	S^{0}, H^{0}, R^{0}	S^{0}, H^{0}, R^{-}
			Meunier noir	m	na	S^{0}, H^{+}, R^{0}
			Meunier noir	f	na	S^{0}, H^{0}, R^{0}
PP1094	Tembec inc.	Témiscaming	Meunier noir	m	na	S^{+}, H^{+}, R^{0}
			Meunier noir	f	na	S^{+}, H^{+}, R^{0}
			Ouitouche	m	na	S^{+}, H^{0}, R^{-}
			Ouitouche	f	na	na
PP1098	Emballages Smurfit-Stone Canada inc.	La Tuque	Meunier noir	m	S^{-}, H^{+}, R^{-}	S^{-}, H^{-}, R^{-}
			Meunier noir	f	S^{-}, H^{+}, R^{-}	S^{-}, H^{-}, R^{-}
			Crapet de roche	m	na	S^{-}, H^{0}, R^{na}
			Crapet de roche	f	na	S^{-}, H^{0}, R^{+}
PP1101	Emballages Smurfit-Stone Canada inc.	New-Richmond	Plie rouge	m	S^{0}, H^{0}, R^{0}	S^{0}, H^{0}, R^{+}
			Plie rouge	f	S^{0}, H^{0}, R^{0}	S^{0}, H^{0}, R^{0}
			Chaboisseau à épines courtes	m	na	na
			Chaboisseau à épines courtes	f	na	S^{0}, H^{0}, R^{+}

Légende : i : Immature, f : Femelle, m : Mâle

Réponse : + : valeur plus grande en zone d'exposition, - : valeur plus petite en zone d'exposition, 0 : pas de différences significatives, A : sens des différences significatives divergent à l'intérieur d'un groupe (ex. : S^{A}), na : non applicable (données insuffisantes ou pentes inégales)

Annexe 8 Synopsis des ANCOVA sur les relations morphométriques des poissons entre la zone d'exposition et de référence - cycle 1 et cycle 2.

No. de projet national	Nom des fabriques	Localité	Espèces sentinelles	Sexe	Réponses	
					Cycle 1	Cycle 2
PP1102	Emballages Smurfit-Stone Canada inc.	Portage- du-Fort	Meunier noir	m	S^-, H^0, R^0	S^-, H^0, R^0
			Meunier noir	f	S^0, H^0, R^0	S^0, H^0, R^0
			Barbue de rivière	m	S^0, H^0, R^0	S^+, H^+, R^0
			Barbue de rivière	f	S^0, H^0, R^0	S^+, H^0, R^0
			Meunier noir	m	S^-, H^0, R^0	S^0, H^-, R^0
			Meunier noir	f	S^0, H^0, R^0	S^0, H^{na}, R^0
			Barbue de rivière	m	S^0, H^0, R^0	S^0, H^0, R^0
			Barbue de rivière	f	S^0, H^0, R^0	S^0, H^0, R^0
PP1104	Compagnie Abitibi-Consolidated du Canada	Clermont	Meunier rouge	m	na	S^+, H^0, R^-
			Meunier rouge	f	na	S^0, H^0, R^-
			Naseux des rapides	m	na	S^+, H^{na}, R^{na}
			Naseux des rapides	f	na	S^+, H^+, R^+
PP1106	SFK Pâte S.E.N.C.	St-Félicien	Barbotte brune	m	S^0, H^{na}, R^{na}	S^-, H^-, R^0
			Barbotte brune	f	S^0, H^{na}, R^{na}	S^{na}, H^-, R^0
			Meunier noir	m	na	na
			Meunier noir	f	S^0, H^0, R^0	S^0, H^{na}, R^0
PP1114	Norampac inc.	Cabano	Meunier noir	m	S^0, H^0, R^0	S^+, H^{na}, R^0
			Meunier noir	f	S^0, H^+, R^+	S^+, H^{na}, R^0
			Perchaude	m	na	S^0, H^{na}, R^+
			Perchaude	f	na	S^0, H^+, R^0
PP1117	Cascades East-Angus inc., Division Cartech, Paperboard Industries Corp.	East-Angus	Meunier noir	m	S^+, H^+, R^0	S^+, H^+, R^+
			Meunier noir	f	S^+, H^+, R^+	S^+, H^+, R^+
			Dard tesselé	m	na	S^+, H^0, R^+
			Dard tesselé	f	na	S^0, H^+, R^0
PP1118	Bowater Produits forestiers du Canada inc.	Gatineau	Perchaude	m	na	S^0, H^0, R^0
			Perchaude	f	na	S^0, H^0, R^0
			Perchaude	i	na	S^0, H^0, R^0
			Raseux-de-terre noir	m	na	S^0, H^0, R^0
			Raseux-de-terre noir	f	na	S^0, H^0, R^A
			Perchaude	m	na	S^0, H^0, R^0
			Perchaude	f	na	S^0, H^0, R^0
			Perchaude	i	na	S^0, H^0, R^0

Légende : i : Immature, f : Femelle, m : Mâle
Réponse : + : valeur plus grande en zone d'exposition, - : valeur plus petite en zone d'exposition, 0 : pas de différences significatives, A : sens des différences significatives divergent à l'intérieur d'un groupe (ex. : S^A), na : non applicable (données insuffisantes ou pentes inégales)

Annexe 8 Synopsis des ANCOVA sur les relations morphométriques des poissons entre la zone d'exposition et de référence - cycle 1 et cycle 2.

No. de projet national	Nom des fabriques	Localité	Espèces sentinelles	Sexe	Réponses	
					Cycle 1	Cycle 2
PP1131	Kruger inc.	Bromptonville	Meunier noir	m	S^0, H^0, R^0	S^0, H^-, R^-
			Meunier noir	f	S^0, H^0, R^0	S^0, H^0, R^-
			Dard tesselé	m	na	S^0, H^0, R^0
			Dard tesselé	f	na	S^0, H^0, R^+
PP1132	Compagnie Abitibi-Consolidated du Canada	Jonquière	Meunier rouge	m	na	S^+, H^+, R^-
			Meunier rouge	f	na	S^{na}, H^{na}, R^-
			Meunier noir	mf	na	na
PP1133	Bowater Produits forestiers du Canada inc.	Dolbeau	Meunier rouge	m	na	na
			Meunier rouge	f	na	na
			Meunier noir	m	na	na
			Meunier noir	f	na	na
PP1135	Compagnie Abitibi-Consolidated du Canada	Shawinigan	Meunier noir	m	S^-, H^0, R^-	S^-, H^+, R^-
			Meunier noir	f	S^-, H^-, R^-	S^-, H^0, R^-
			Crapet de roche	m	na	na
			Crapet de roche	f	na	S^0, H^-, R^-
PP1138	F.F. Soucy inc.	Rivière-du-Loup	Naseux noir	m	na	S^-, H^0, R^0
			Naseux noir	f	na	S^0, H^0, R^0
			Mulet perlé	m	na	na
			Mulet perlé	f	na	S^0, H^{na}, R^{na}
			Naseux noir	m	na	na
			Naseux noir	f	na	S^{na}, H^+, R^0
			Mulet perlé	m	na	S^{na}, H^+, R^{na}
			Mulet perlé	f	na	S^{na}, H^+, R^{na}
			Naseux noir	m	na	S^-, H^+, R^{na}
			Naseux noir	f	na	S^-, H^+, R^0
PP1145	Cascades Groupe Carton Plat inc.	Jonquière	Meunier rouge	m	na	S^+, H^+, R^0
			Meunier rouge	f	na	S^+, H^+, R^A
			Meunier noir	m	na	S^+, H^+, R^{na}
			Meunier noir	f	na	S^+, H^+, R^+

Légende : i : Immature, f : Femelle, m : Mâle

Réponse : + : valeur plus grande en zone d'exposition, - : valeur plus petite en zone d'exposition, 0 : pas de différences significatives, A : sens des différences significatives divergent à l'intérieur d'un groupe (ex. : S^A), na : non applicable (données insuffisantes ou pentes inégales)

Annexe 8 Synopsis des ANCOVA sur les relations morphométriques des poissons entre la zone d'exposition et de référence - cycle 1 et cycle 2.

No. de projet national	Nom des fabriques	Localité	Espèces sentinelles	Sexe	Réponses	
					Cycle 1	Cycle 2
PP1147	Nortkraft Quévillon inc.	Lebel-sur-Quévillon	Meunier rouge	m	na	S^0, H^0, R^0
			Meunier rouge	f	na	S^0, H^0, R^0
			Meunier noir	m	na	S^0, H^{na}, R^0
			Meunier noir	f	na	na
			Meunier rouge	m	S^0, H^0, R^0	S^0, H^{na}, R^{na}
			Meunier rouge	f	S^0, H^0, R^-	S^0, H^{na}, R^0
			Meunier noir	m	S^+, H^+, R^-	S^0, H^-, R^{na}
			Meunier noir	f	na	S^0, H^0, R^0
PP1148	Domtar Inc.	Windsor	Meunier noir	m	S^0, H^0, R^0	S^-, H^0, R^-
			Meunier noir	f	S^0, H^0, R^0	S^0, H^0, R^0
			Achigan à petite bouche	m	na	S^+, H^-, R^-
			Achigan à petite bouche	f	na	S^+, H^0, R^-
PP1153	Papier Masson ltée	Masson-Angers	Perchaude	m	S^+, H^+, R^-	S^0, H^0, R^0
			Perchaude	f	S^+, H^0, R^+	S^+, H^0, R^0
			Raseux-de-terre noir	m	na	S^0, H^0, R^0
			Raseux-de-terre noir	f	na	S^0, H^0, R^-
			Perchaude	m	S^+, H^+, R^-	na
			Perchaude	f	S^+, H^0, R^+	S^0, H^{na}, R^0
			Raseux-de-terre noir	m	na	S^+, H^0, R^0
			Raseux-de-terre noir	f	na	S^+, H^0, R^+
PP1177	Compagnie Abitibi-Consolidated du Canada	Alma	Barbotte brune	m	na	S^+, H^+, R^+
			Barbotte brune	f	na	S^+, H^+, R^+
			Meunier rouge	m	na	na
			Meunier rouge	f	na	na
PP1183 & PP1179	Papier Cascade Lupel inc. et Désencrage CMD inc.	Cap-de-la-Madeleine	Perchaude	m	na	S^+, H^0, R^0
			Perchaude	f	na	S^0, H^-, R^-
			Omisco	m	na	S^0, H^0, R^0
			Omisco	f	na	S^0, H^0, R^{na}
PP1181	Fibres Breakey	Breakeyville	Naseux des rapides	m	na	S^+, H^-, R^-
			Naseux des rapides	f	na	S^+, H^A, R^+
			Raseux-de-terre noir	m	na	S^+, H^-, R^A
			Raseux-de-terre noir	f	na	S^+, H^{na}, R^{na}

Légende : i : Immature, f : Femelle, m : Mâle

Réponse : + : valeur plus grande en zone d'exposition, - : valeur plus petite en zone d'exposition, 0 : pas de différences significatives, A : sens des différences significatives divergent à l'intérieur d'un groupe (ex. : S^A), na : non applicable (données insuffisantes ou pentes inégales)

Annexe 8 Synopsis des ANCOVA sur les relations morphométriques des poissons entre la zone d'exposition et de référence - cycle 1 et cycle 2.

No. de projet national	Nom des fabriques	Localité	Espèces sentinelles	Sexe	Réponses	
					Cycle 1	Cycle 2
PP1182	Pâte Mohawk ltée	St-Antonin	Meunier noir	m	S^-, H^-, R^-	S^0, H^0, R^0
			Meunier noir	f	S^-, H^-, R^-	S^-, H^-, R^-
			Perchaude	m	na	S^0, H^0, R^0
			Perchaude	f	S^A, H^-, R^-	S^+, H^+, R^0
PP1184	Compagnie Abitibi-Consolidated du Canada	Amos	Barbotte brune	m	S^0, H^0, R^0	S^+, H^+, R^+
			Barbotte brune	f	S^0, H^0, R^0	S^0, H^+, R^0
			Meunier rouge	m	na	S^+, H^+, R^0
			Meunier rouge	f	na	S^+, H^+, R^-
PP1187	J.Ford ltée	Portneuf	Meunier noir	m	S^+, H^+, R^+	S^+, H^+, R^+
			Meunier noir	f	S^+, H^+, R	S^+, H^0, R^+
			Meunier rouge	mf	na	na
PP1188	Papiers Scott ltée	Lennoxville	Meunier noir	m	S^+, H^+, R^+	S^0, H^-, R^0
			Meunier noir	f	S^0, H^+, R^+	S^+, H^-, R^0
			Meunier noir	i	na	S^0, H^0, R^0
			Ouitouche	m	na	S^0, H^0, R^0
			Ouitouche	f	na	S^+, H^0, R^+
			Ouitouche	i	na	S^+, H^+, R^{na}
			Meunier noir	m	S^+, H^+, R^+	S^0, H^-, R^{na}
			Meunier noir	f	S^0, H^+, R^+	S^0, H^+, R^0
			Meunier noir	i	na	S^0, H^{na}, R^{na}
			Ouitouche	m	na	S^0, H^0, R^0
			Ouitouche	f	na	S^0, H^0, R
			Ouitouche	i	na	S^0, H^0, R^{na}
PP1191	Tembec, Groupe papiers, Usine St-Raymond	St-Léonard-de-Portneuf	Meunier rouge	m	na	S^+, H^+, R^0
			Meunier rouge	f	S^0, H^0, R^-	S^{na}, H^+, R^0
			Meunier noir	m	S^0, H^+, R^0	S^+, H^0, R^0
			Meunier noir	f	na	S^0, H^0, R^0
PP1194	Cascades Groupe Tissu inc.	Lachute	Naseux des rapides	m	na	S^0, H^0, R^{na}
			Naseux des rapides	f	na	S^0, H^+, R^0
			Fouille-roche zébré	m	na	S^0, H^{na}, R^{na}
			Fouille-roche zébré	f	na	na
PP1196	Les Papiers Scott ltée	Crabtree	Meunier noir	m	S^+, H^+, R^+	na
			Meunier noir	f	S^+, H^+, R^A	na
			Chevalier blanc	m	S^+, H^+, R^+	na
			Chevalier blanc	f	S^+, H^+, R^+	na

Légende : i : Immature, f : Femelle, m : Mâle

Réponse : + : valeur plus grande en zone d'exposition, - : valeur plus petite en zone d'exposition, 0 : pas de différences significatives, A : sens des différences significatives divergent à l'intérieur d'un groupe (ex. S^A), na : non applicable (données insuffisantes ou pentes inégales)

Annexe 8 Synopsis des ANCOVA sur les relations morphométriques des poissons entre la zone d'exposition et de référence - cycle 1 et cycle 2.

No. de projet national	Nom des fabriques	Localité	Espèces sentinelles	Sexe	Réponses	
					Cycle 1	Cycle 2
PP1198	Cascades Groupe Papiers Fins inc.	St-Jérôme	Meunier noir	m	S^{+}, H^{+}, R^{0}	S^{0}, H^{0}, R^{0}
			Meunier noir	f	S^{+}, H^{0}, R^{-}	S^{+}, H^{0}, R^{-}
			Perchaude	m	na	na
			Perchaude	f	na	na
PP1201	Spruce Falls inc.	Matane	Chaboisseau à épines courtes	f	S^{0}, H^{0}, R^{0}	S^{+}, H^{0}, R^{-}
PP1208	Cascades inc.	Kingsey Falls	Meunier noir	m	S^{+}, H^{+}, R^{0}	na
			Meunier noir	f	S^{+}, H^{+}, R^{0}	na
			Chevalier blanc	m	S^{A}, H^{+}, R^{0}	na
			Chevalier blanc	f	S^{A}, H^{+}, R^{0}	na

Légende : i : Immature, f : Femelle, m : Mâle

Réponse : + : valeur plus grande en zone d'exposition, - : valeur plus petite en zone d'exposition, 0 : pas de différences significatives, A : sens des différences significatives divergent à l'intérieur d'un groupe (ex. : S^{A}), na : non applicable (données insuffisantes ou pentes inégales)

Annexe 9 Concentrations des dioxines et furannes chlorés dans la chair des dorés jaunes femelles aux sites de l'usine Emballages Smurfit-Stone Canada inc. à Portage-du-Fort

Nom du congénère	Zone d'exposition (pg/g)	Zone de référence Est (pg/g)	Zone de référence Ouest (pg/g)
Furannes:			
T4CDF	< 4.3	< 0.82	< 4.3
T5CDF	0,67	< 0.47	0,47
T6CDF	< 3.7	< 0.39	< 2.4
T7CDF	< 0.94	< 0.37	< 0.42
OCDF	< 0.30	0,5	< 0.25
Dioxines:			
T4CDD	< 0.23	< 0.18	< 0.19
T4CDD	< 0.18	< 0.23	< 0.19
T4CDD	< 0.25	< 0.23	< 0.19
T4CDD	0,46	0,74	0,33
OCDD	1,8	5,8	2,1
Facteur d'équivalent toxique (TEQ)	0,006	0,014	0,002
Facteur d'équivalent toxique maximal	< 0.70	< 0.63	< 0.63

Légende; < : inférieur au seuil de détection.

Note; Au total six échantillons composites ont été analysés en zone d'exposition et dix dans chaque zone de référence.

Annexe 10 Résultats de l'échantillonnage des communautés benthiques en eau douce et valeurs moyennes de densité et de richesse et résumé des différences observées entre les zones de références et d'exposition

No. de projet national	Nom des fabriques (localité)	Date d'échantillonnage	Équipement (nombre de zones de référence)	Zone de référence 1		Zone d'exposition rapproché		Zone d'exposition éloignée		Zone de référence 2 ou autre zone		AC (1)
				Densité (nb/m2) (écart-type)	Richesse (nb espèces) (écart-type)	Densité* (nb/m2) (écart-type)	Richesse* (nb espèces) (écart-type)	Densité* (nb/m2) (écart-type)	Richesse (nb espèces) (écart-type)	Densité (nb/m2) (écart-type)	Richesse (nb espèces) (écart-type)	
Écorégion Centre des Laurentides (101)												
PP1098	Emballages Smurfit-Stone Canada inc. (La Tuque)	9 au 10-09-99	Hester-Dendy (2)	2357.4 (500.7)	30 (7)	7774.2 (2764.7) +	40.4 (4.2)	2680.8 (985.4)	27 (1.4)	1833.4 (807.1)	14.2 (2.2)	O
PP1104	Compagnie Abitibi-Consolidated du Canada (Clermont)	31-08 au 1-09-99	Hess (1)	4375 (1407)	27 (2)	30833 (6080) +	27 (2)	22184 (8527) +	31 (3)			P
PP1106	SFK Pâte S.E.N.C. (Saint-Félicien)	Rivière Mistassini : 12 au 16-10-98	Ponar (1)	4235 (3327)	15 (11)	1758 (943)	10 (2)	12050 (12042) +	18 (2)			P
		Rvière Ashuapmushuan : 11 au 12-09-99	Ponar (1)	835 (632)	7 (3)	1492 (379)	9 (3)					P
PP1132	Compagnie Abitibi-Consolidated du Canada (Jonquière)	3-08 au 3-09-99	Hester-Dendy (1)	7193.6 (1882.5)	26 (2)	11132 (5806.5) +	23 (2)	16101.8 (2726.1) +	25.8 (1.8)	ZETE= 9654,8 (719.3)	26.5 (3.1)	O
PP1133	Bowater Produits forestiers du Canada inc. (Dolbeau)	4 au 9-10-98	Ponar (2)	827 (1297)	14 (10)	3258 (1547)	25 (9)	388 (191)	5 (3)	425 (191)	6 (5)	P
PP1145	Cascades Groupe Carton Plat inc. (Jonquière)	1 au 3-10-99	Ponar (1)	12762 (5928)	18 (2)	2960 (2432)	6 (2) -	30940 (21004) +	21 (2)			P
PP1177	Compagnie Abitibi-Consolidated du Canada (Alma)	15 au 20-09-99	Hess (2)	7553 (2720.9)	34.6 (3.2)	36358.8 (17827.5) +	28.4 (6.1)	3456.8 (5495.1)	12.8 (5.8)	1437.4 (1268.3)	18.4 (7.8)	O
PP1197	Produits Desbiens Inc. (Desbiens)	7 au 9-10-99	Ponar (2)	2273 (1161)	21 (8)	2846 (897)	15 (4)	1327 (1002)	22 (9)	1022 (786)	19 (7)	NA

(1) = Résultats de l'analyses de correspondance : présence de regroupemens statistiquement différents entre la zone d'exposition et la zone de référence
O : Oui, N : Non, P : Partiel, NA : Non applicable
* Valeur moins élevée (-) ou plus élevée (+) en zone d'exposition qu'en zone de référence. La différence entre la zone exposée et la zone de référence doit être supérieure ou inférieure à deux fois l'écart-type de la moyenne de la zone de référence pour qu'un signe soit attribué.
ZETE : Zone exposée très éloignée

Annexe 10 Résultats de l'échantillonnage des communautés benthiques en eau douce et valeurs moyennes de densité et de richesse et résumé des différences observées entre les zones de références et d'exposition

No. de projet national	Nom des fabriques (localité)	Date d'échantillonnage	Équipement (nombre de zones de référence)	Zone de référence 1		Zone d'exposition rapprochée		Zone d'exposition éloignée		Zone de référence 2 ou autre zone		REGR. DIFF.(1)
				Densité (nb/m2) (écart-type)	Richesse (nb espèces) (écart-type)	Densité* (nb/m2) (écart-type)	Richesse* (nb espèces) (écart-type)	Densité* (nb/m2) (écart-type)	Richesse (nb espèces) (écart-type)	Densité (nb/m2) (écart-type)	Richesse (nb espèces) (écart-type)	
Écorégion Sud des Laurentides (99)												
PP1086	Papiers Fraser Nexfor (Thurso)	26 au 29 -10-98	Ponar (2)	4360 (3281)	16 (6)	17540 (3970) +	19 (4)	8420 (15801) +	11 (8)	3060 (445)	14 (2)	NA
PP1102	Emballages Smurfit-Stone Canada Inc. (Portage-du-Fort)	11 au 15-10-99	Ponar et Ponar standard (3)	1300.4 (245)	8.2 (1.9)	512.4 (289.75) -	6.8 (2.6)	490.4 (143.32) -	8.2 (2.9)	Réf aval 2=1237,2 (745.4) et réf amont=1300,4 (245)	Réf aval 2 = 9,6 (2.9) et réf amont = 8,2 (1.9)	P
PP1118	Bowater Produits forestiers du Canada inc. (Gatineau)	6 au 8 -10-99	Ponar (2)	2210 (706)	8 (1)	1232 (627)	8 (4)	1192 (833)	10 (3)	1602 (1067)	11 (1)	O
PP1135	Compagnie Abitibi-Consolidated du Canada (Shawinigan)	20 au 23-09-99	Ponar (2)	24994 (18485.8)	17 (3.1)	268138.4 (73127.1) +	12.6 (2.4)	165053.8 (47034) +	19.4 (2.1)	25038.4 (12743)	26.6 (6.7)	O
PP1153	Papiers Masson Ltée (Masson-Angers)	27 au 29-08-96	Ponar (2)	8491 (3647)	15 (2)	3887 (4248)	19 (5) +	12509 (10490)	16 (7)	Réf. 2 (riv. Blanche et outaouais)= 9984,67 (11571.51) et Zone exp. île à Cruchet = 18677 (10159)	Réf. 2 (riv. Blanche et outaouais)= 23,67 (3.21) et Zone exp. île à Cruchet = 16 (4)	NA
PP1186	Papiers de spécialité Eddy Ltée, Papiers Scott ltée (Hull-Ottawa)	26-08 au 20-10-99	Hester-Dendy (1)	504 (153)	11 (2)	378 (116)	8 (1)	505 (475)	9 (4)			NA
PP1194	Cascades Groupe tissus inc. (Lachute)	24-08-99	Surber (1)	35827 (19383)	44 (5)	18008 (8113)	41 (6)	26888 (9513)	36 (5)			O
PP1198	Cascades Groupe Papiers Fins inc. (St-Jérôme)	2 au 4-09-98	Ponar (1)	21085 (17213)	12 (7)	10009 (8426)	11 (4)	2744 (1470)	9 (2)			N

(1) = Résultats de l'analyses de correspondance : présence de regroupemens statistiquement différents entre la zone d'exposition et la zone de référence
O : Oui, N : Non, P : Partiel, NA : Non applicable
* Valeur moins élevée (-) ou plus élevée (+) en zone d'exposition qu'en zone de référence. La différence entre la zone exposée et la zone de référence doit être supérieure ou inférieure à deux fois l'écart-type de la moyenne de la zone de référence pour qu'un signe soit attribué
ZETE : Zone exposée très éloignée

Annexe 10 Résultats de l'échantillonnage des communautés benthiques en eau douce et valeurs moyennes de densité et de richesse et résumé des différences observées entre les zones de références et d'exposition

No. de projet national	Nom des fabriques (localité)	Date d'échantillonnage	Équipement (nombre de zones de référence)	Zone de référence 1		Zone d'exposition rapprochée		Zone d'exposition éloignée		Zone de référence 2 ou autre zone		REGR. DIFF.(1)
				Densité (nb/m2) (écart-type)	Richesse (nb espèces) (écart-type)	Densité* (nb/m2) (écart-type)	Richesse* (nb espèces) (écart-type)	Densité* (nb/m2) (écart-type)	Richesse* (nb espèces) (écart-type)	Densité (nb/m2) (écart-type)	Richesse (nb espèces) (écart-type)	
Écorégion Appalaches (117)												
PP1114	Norampac Inc. (Cabano)	8 au 11-9-98	Ponar (1)	6913 (4333)	33 (12)	9832 (5757)	41 (8)	16683 (4153) +	40 (7)			O
PP1117	Cascades East Angus Inc. (East Angus)	29 au 30-09-99	Hester-Dendy (1)	1578 (474)	26 (1)	2324 (643)	38 (7) +	1114 (80)	27 (5)			NA
PP1138	F.F. Soucy Inc. (Rivière-du-Loup)	9 au 14-10-99	Surber (3)	Réf: 1 = 441 (331) Réf1A= 176 (95)	1=45 (10) 1A=36 (5)	1004 (738) +	58 (8)	361 (60)	43 (5)	421 (113)	59 (4)	O
PP1148	Domtar Inc. (Windsor)	15 au 16-09-99	Hester-Dendy (1)	15809.5 (12621.1)	38 (5.8)	7660.4 (1950.1)	35.4 (4)	27021.6 (36410)	41.4 (2.9)	ZETE= 18439.4 (20197.2)	43.2 (9.3)	O
PP1181	Fibres Breakey (Breakeyville)	31-08 au 1-09-99	Surber (1)	5853.3 (3120.99)	57 (9)	7311 (6079.09)	48 (5)	5121.1 (3278.7)	44 (8)			NA
PP1182	Pâtes Mohawk Ltée (St-Antonin)	17-09-99	Hess (1)	3153 (1637)	37 (6)	24267 (9787) +	29 (4)	10497 (6216) +	38 (3)			O
PP1188	Papiers Scott Ltée (Lennoxville)	3 au 13-10-98	Ponar (2)	3872 (3009)	30 (8)	6583 (2043)	27 (5)	4211 (2728)	28 (5) -	12960 (6120)	32 (2)	O
Écorégion Basses terres du Fleuve Saint-Laurent (132)												
PP1091	Compagnie Abitibi-Consolidated du Canada (Beaupré)	26 au 28-08-99	Ponar (2)	2546 (959)	12 (1)	1658 (856)	8 (2) -	787 (142)	8 (1)	1213 (808)	8 (1)	P
PP1092	Bowater Produits forestiers du Canada inc. (Donnacona)	24 au 26-09-99	Ponar (1)	14992 (7841)	24 (5)	6846 (1881)	27 (2)	3432 (484)	15 (2)			O

(1) = Résultats de l'analyses de correspondance : présence de regroupemens statistiquement différents entre la zone d'exposition et la zone de référence
O : Oui, N : Non, P : Partiel, NA : Non applicable
* Valeur moins élevée (-) ou plus élevée (+) en zone d'exposition qu'en zone de référence. La différence entre la zone exposée et la zone de référence doit être supérieure ou inférieure à deux fois l'écart-type de la moyenne de la zone de référence pour qu'un signe soit attribué.
ZETE : Zone exposée très éloignée

Annexe 10 Résultats de l'échantillonnage des communautés benthiques en eau douce et valeurs moyennes de densité et de richesse et résumé des différences observées entre les zones de références et d'exposition

No. de projet national	Nom des fabriques (localité)	Date d'échantillonnage	Équipement (nombre de zones de référence)	Zone de référence 1		Zone d'exposition rapprochée		Zone d'exposition éloignée		Zone de référence 2 ou autre zone		REGR. DIFF.(1)
				Densité (nb/m2) (écart-type)	Richesse (nb espèces) (écart-type)	Densité* (nb/m2) (écart-type)	Richesse* (nb espèces) (écart-type)	Densité* (nb/m2) (écart-type)	Richesse* (nb espèces) (écart-type)	Densité (nb/m2) (écart-type)	Richesse (nb espèces) (écart-type)	
Écorégion Basses terres du Fleuve Saint-Laurent (132)												
PP1100	Uniforêt Tripap Inc. (Trois-Rivières)	8 au 9-09-99	Ponar (1)	31704 (42138)	29 (3)	3423 (1363)	32 (5)	5731 (1960)	31 (3)			NA
PP1131	Kruger Inc. (Bromptonville)	8-07 au 9-09-99	Hester-Dendy (2)	357 (170.6)	34.4 (14.1)	321.6 (64.7)	37 (4.5)	367.4 (190.9)	35.4 (10.1)	Réf. éloignée= 457,3 (36) ZETE= 586,2 (60)	Réf. éloignée= 36 (2) ZETE= 60 (5.4)	P
PP1137	Kruger Wayagamack inc. (Trois-Rivières)	27-08 au28-08-99	Ponar									NA
PP1183 PP1179	Désencrage C.M.D. Inc., Cascades Lupel Inc. (Cap-de-la-Madeleine)	8-9-99	Ponar (1)	1676 (791)	14 (3)	15782 (8508) +	22 (5) +	861 (421)	9 (3)			O
PP1187	J. Ford Ltée (Portneuf)	29-09 au 3-10-99	Hess (2)	1992.8 (1876.1)	33 (9)	210.4 (172)	27 (8)	5139.6 (1910.9)	42 (7)	10529.2 (7537.1)	43 (6)	P
PP1191	Tembec, Groupe papiers, Usine St-Raymond (St-Léonard-de-Portneuf)	5 au 9-09-99	Hess (1)	11489 (5099)	41 (2)	13477 (2838)	35 (5) -	14987 (6275)	40 (3)			O
PP1193	Spexel Inc. (Beauharnois)	14-15-9-99	Ponar (1)	19643 (4790)	37 (3)	15992 (7123)	42 (2)	4031 (798) -	39 (4)			O
PP1196	Papiers Scott Ltée (Crabtree)	21 au 22-09-99	Hess (1)	468 (208)	22 (6)	1581 (660) +	29 (3)	812 (236)	30 (6)	1042 (639)	28 (5)	P
PP1208	Cascades Inc. (Kingsey Falls)	24-08 au 8-10-98	Hester-Dendy (1)	5948.9 (2735.48)	43 (3)	9230.7 (1850.28)	54 (2) +	5708 (2070.2)	54 (6) +			P

(1) = Résultats de l'analyses de correspondance : présence de regroupemens statistiquement différents entre la zone d'exposition et la zone de référence
O : Oui, N : Non, P : Partiel, NA : Non applicable
* Valeur moins élevée (-) ou plus élevée (+) en zone d'exposition qu'en zone de référence. La différence entre la zone exposée et la zone de référence doit être supérieure ou inférieure à deux fois l'écart-type de la moyenne de la zone de référence pour qu'un signe soit attribué.
ZETE : Zone exposée très éloignée

Annexe 10 Résultats de l'échantillonnage des communautés benthiques en eau douce et valeurs moyennes de densité et de richesse et résumé des différences observées entre les zones de références et d'exposition

No. de projet national	Nom des fabriques (localité)	Date d'échantillonnage	Équipement (nombre de zones de référence)	Zone de référence 1		Zone d'exposition rapprochée		Zone d'exposition éloignée		Zone de référence 2 ou autre zone		REGR. DIFF.(1)
				Densité (nb/m2) (écart-type)	Richesse (nb espèces) (écart-type)	Densité* (nb/m2) (écart-type)	Richesse* (nb espèces) (écart-type)	Densité* (nb/m2) (écart-type)	Richesse* (nb espèces) (écart-type)	Densité* (nb/m2) (écart-type)	Richesse* (nb espèces) (écart-type)	
Écorégion Plaines de l'Abitibi (96)												
PP1094	Tembec Inc. (Témiscaming)	1 au 2-11-99	Hester-Dendy (1)	186.8 (40.1)	6.6 (4.2)	3820.6 (712.4) +	21 (3.7) +	2637.8 (444.8) +	23.2 (4) +	ZETE: 2173,0 (650.9) +	24.2 (3.1) +	O
PP1147	Norkraft Quévillon Inc. (Lebel-sur-Quévillon)	13 au 14-09-98	Ponar (2)	4558 (3067)	11 (3)	12546 (16175) +	17 (7) +	Bell= 9015 (3184)	7 (1)	Bell= 9385 (3533)	11 (4)	P
PP1184	Compagnie Abitibi-Consolidated du Canada (Amos)	20 au 21-09-98	Ponar (1)	408 (34)	8 (2)	2181 (966) +	13 (3) +	24239 (11035) +	10 (2)			O

(1) = Résultats de l'analyses de correspondance : présence de regroupemens statistiquement différents entre la zone d'exposition et la zone de référence
O : Oui, N : Non, P : Partiel, NA : Non applicable
* Valeur moins élevée (-) ou plus élevée (+) en zone d'exposition qu'en zone de référence. La différence entre la zone exposée et la zone de référence doit être supérieure ou inférieure à deux fois l'écart-type de la moyenne de la zone de référence pour qu'un signe soit attribué.
ZETE : Zone exposée très éloignée

Annexe 11 Valeurs moyennes de diversité et de régularité des communautés benthiques en eau douce et % d'oligochètes dans chaque zone et résumé des différences observées entre les zones de références et d'exposition

No. de projet national	Nom des fabriques (localité)	Zone de référence 1			Zone d'exposition rapprochée			Zone d'exposition éloignée			Zone de référence 2 ou autre zone		
		Diversité (écart-type)	Régularité (écart-type)	% oligochètes	Diversité* (écart-type)	Régularité* (écart-type)	% oligochètes	Diversité* (écart-type)	Régularité* (écart-type)	% oligochètes	Diversité (écart-type)	Régularité (écart-type)	% oligochètes
Écorégion Centre des Laurentides (101)													
PP1098	Emballages Smurfit-Stone Canada inc. (La Tuque)	3.13 (0.53)	0.64 (0.07)	8	3.86 (0.16)	0.72 (0.04)	36,3	3.33 (0.48)	0.7 (0.1)	76,6	1.95 (0.48)	0.51 (0.1)	72,7
PP1104	Compagnie Abitibi-Consolidated du Canada (Clermont)	3.11 (0.18)	0.65 (0.03)	2,4	3.1 (0.15)	0.65 (0.03)	3,5	3.67 (0.32) +	0.74 (0.05) +	1,6			
PP1106	SFK Pâte S.E.N.C. (Saint-Félicien) (Rivière Mistassini)	2,65 (0.83)	0,68 (0.11)	31	2,868 (0.26)	0,87 (0.05)	1,3	Mista= 2,736 (0.79)	0,67 (0.2)	56,9			
	(Rivière Ashuapmushuan)	2,012 (0.63)	0,76 (0.08)	7,7	2,3 (0.71)	0,73 (0.18)	6,8						
PP1132	Compagnie Abitibi-Consolidated du Canada (Jonquière)	2.45 (0.49)	0.52 (0.1)	74,5	1.84 (0.51)	0.41 (0.12)	86,9	1.6 (0.19)	0.34 (0.04)	91,6	2.43 (0.22)	0.51 (0.04)	78,4
PP1133	Bowater Produits *forestiers du Canada* inc. (Dolbeau)	3.008 (0.48)	0.86 (0.08)	10,2	3.828 (0.42)	0.84 (0.04)	9,9	1.675 (0.82)	0.7 (0.05)	2,5	1.802 (0.99)	0.78 (0.16)	Zone réf. éloignée= 16,3
PP1145	Cascades Groupe Carton Plat inc. (Jonquière)	2.62 (0.43)	0.63 (0.08)	82	1.55 (0.41) -	0.67 (0.13)	92,5	2.72 (0.55)	0.62 (0.11)	86,4			
PP1177	Compagnie Abitibi-Consolidated du Canada (Alma)	2.46 (0.45)	0.76 (0.05)	1,7	3.87 (0.25) +	0.51 (0.07) -	52,8	2.17 (0.59)	0.61 (0.08)	78,6	2.8 (0.54)	0.7 (0.16)	50,2
PP1197	Produits Desbiens Inc. (Desbiens)			4			14						

* Valeur moins élevée (-) ou plus élevée (+) en zone d'exposition qu'en zone de référence. La différence entre la zone exposée et la zone de référence doit être supérieure ou inférieure à deux fois l'écart-type de la moyenne de la zone de référence pour qu'un signe soit attribué.

Annexe 11 Valeurs moyennes de diversité et de régularité des communautés benthiques en eau douce et % d'oligochètes dans chaque zone et résumé des différences observées entre les zones de références et d'exposition

No. de projet national	Nom des fabriques (localité)	Zone de référence 1			Zone d'exposition rapprochée			Zone d'exposition éloignée			Zone de référence 2 ou autre zone		
		Diversité (écart-type)	Régularité (écart-type)	% oligochètes	Diversité* (écart-type)	Régularité* (écart-type)	% oligochètes	Diversité (écart-type)	Régularité (écart-type)	% oligochètes	Diversité (écart-type)	Régularité (écart-type)	% oligochètes
Écorégion Sud des Laurentides (99)													
PP1086	Papiers Fraser Nexfor (Thurso)	2.96 (0.44)		25	2.94 (0.11)		14	2.56 (0.54)		25	3.05 (0.34)		
PP1102	Emballages Smurfit-Stone Canada Inc. (Portage-du-Fort)	1.37 (0.26)	0.66 (0.06)	22,9	1.3 (0.29)	0.7 (0.08)	1,6	1.42 (0.43)	0.69 (0.1)	5,3	Réf aval 2=1,33 (0.34) et réf amont=1,37 (0.26)	Réf aval 2=0,60 (0.11) et réf amont=0,66 (0.06)	Réf aval 2= 7,7 et réf amont= 22,9
PP1118	Bowater Produits forestiers du Canada inc. (Gatineau)	1.34 (0.18)	0.45 (0.07)	3,2	2.1 (0.93) +	0.68 (0.16) +	8,5	2.15 (0.69)	0.63 (0.14)	1,1	2.36 (0.22)	0.68 (0.06)	25,7
PP1135	Compagnie Abitibi-Consolidated du Canada (Shawinigan)	2.252 (0.29)	0.54 (0.06)	60,7	2.192 (0.6)	0.6 (0.14)	98	2.3 (0.17)	0.53 (0.01)		2.67 (0.64)	0.57 (0.14)	
PP1153	Papiers Masson Ltée (Masson-Angers)	2.52 (0.18)		42	2.62 (0.49)		17	2.57 (0.33)		12	Réf. 2 (riv. Blanche et outaouais=3,07 (0.26) et Zone exp. île à Cruchet = 2,32 (0.24)		Réf. 2 (riv. Blanche et outaouais= 39 et Zone exp. île à Cruchet = 33
PP1186	Papiers de spécialité Eddy Ltée, Papiers Scott ltée (Hull-Ottawa)	2.25 (0.5)	6.25 (0.87)	0	2.04 (0.34)	4.8 (0.84)	0	2.17 (0.35)	4.7 (1.44)	0,9			
PP1194	Cascades Groupe tissus inc. (Lachute)	3.52 (0.42)	0.64 (0.07)	1,4	3.97 (0.1)	0.74 (0.03)	19,6	3.37 (0.4)	0.65 (0.06)	6,2			
PP1198	Cascades Groupe Papiers Fins inc. (St-Jérôme)	1.67 (0.22)	0.47 (0.07)	88,6	1.95 (0.42)	0.57 (0.1)	75,4	2.02 (0.49)	0.6 (0.11)	48,1			

* Valeur moins élevée (-) ou plus élevée (+) en zone d'exposition qu'en zone de référence. La différence entre la zone exposée et la zone de référence doit être supérieure ou inférieure à deux fois l'écart-type de la moyenne de la zone de référence pour qu'un signe soit attribué.

Annexe 11 Valeurs moyennes de diversité et de régularité des communautés benthiques en eau douce et % d'oligochètes dans chaque zone et résumé des différences observées entre les zones de références et d'exposition

No. de projet national	Nom des fabriques (localité)	Zone de référence 1			Zone d'exposition rapprochée			Zone d'exposition éloignée			Zone de référence 2 ou autre zone		
		Diversité (écart-type)	Régularité (écart-type)	% oligochètes	Diversité* (écart-type)	Régularité* (écart-type)	% oligochètes	Diversité* (écart-type)	Régularité* (écart-type)	% oligochètes	Diversité (écart-type)	Régularité (écart-type)	% oligochètes
Écorégion Appalaches (117)													
PP1114	Norampac Inc. (Cabano)	3.26 (0.61)	0.77 (0.1)	15	3.63 (0.32)	0.74 (0.04)	13,2	3.67 (0.34)	0.74 (0.07)	29,2			
PP1117	Cascades East Angus Inc. (East Angus)	4.3 (0.4)	0.79 (0.02)	1,4	4.1 (0.3)	0.73 (0.02) -	1,7	3.7 (0.6)	0.78 (0.07)				
PP1138	F.F. Soucy Inc. (Rivière-du-Loup)			1=9,93 1A=6,86			13,24			10,11			1,34
PP1148	Domtar Inc. (Windsor)	3.54 (0.35)	0.68 (0.05)	70	2.64 (0.41) -	0.51 (0.09) -	84,5	3.12 (0.36)	0.58 (0.06) -	52,5	3.91 (0.18)	0.73 (0.03)	69,7
PP1181	Fibres Breakey (Breakeyville)	4.32 (0.29)	0.76 (0.07)	37	4.08 (0.31)	0.75 (0.05)	3,5	3.5 (0.52) -	0.65 (0.07)	2,4			
PP1182	Pâtes Mohawk Ltée (St-Antonin)	4.23 (0.23)	0.82 (0.05)	2,9	3.61 (0.34) -	0.72 (0.04) -	62	3.99 (0.39)	0.76 (0.06)	25,2			
PP1188	Papiers Scott Ltée (Lennoxville)	2.52 (0.16)	0.77 (0.05)	2,6	2.32 (0.31)	0.72 (0.09)	15	2.64 (0.29)	0.81 (0.06) +	20,1	2.41 (0.14)	0.71 (0.03)	Zone réf. St-François= 22,3
Écorégion Basses terres du Fleuve Saint-Laurent (132)													
PP1091	Compagnie Abitibi-Consolidated du Canada (Beaupré)	2.72 (0.36)	0.75 (0.1)	20,3	2.04 (0.61)	0.69 (0.19)	41,6	1.23 (0.12)	0.41 (0.03)	87	1.31 (0.18)	0.43 (0.07)	93,1
PP1092	Bowater Produits forestiers du Canada inc. (Donnacona)	2.01 (0.32)	0.44 (0.07)	84,8	3.12 (0.24) +	0.66 (0.04) +	35,2	2.14 (0.29)	0.55 (0.06)				

* Valeur moins élevée (-) ou plus élevée (+) en zone d'exposition qu'en zone de référence. La différence entre la zone exposée et la zone de référence doit être supérieure ou inférieure à deux fois l'écart-type de la moyenne de la zone de référence pour qu'un signe soit attribué.

Annexe 11 Valeurs moyennes de diversité et de régularité des communautés benthiques en eau douce et % d'oligochètes dans chaque zone et résumé des différences observées entre les zones de références et d'exposition

No. de projet national	Nom des fabriques (localité)	Zone de référence 1			Zone d'exposition rapprochée			Zone d'exposition éloignée			Zone de référence 2 ou autre zone		
		Diversité (écart-type)	Régularité (écart-type)	% oligochètes	Diversité* (écart-type)	Régularité* (écart-type)	% oligochètes	Diversité* (écart-type)	Régularité* (écart-type)	% oligochètes	Diversité (écart-type)	Régularité (écart-type)	% oligochètes
Écorégion Basses terres du Fleuve Saint-Laurent (132)													
PP1100	Uniforêt Tripap Inc. (Trois-Rivières)	2.83 (0.56)	0.58 (0.11)	83,3	3.69 (0.31)	0.74 (0.04)	63,3	3.62 (0.25)	0.73 (0.04)	48,8			
PP1131	Kruger Inc. (Bromptonville)	2.64 (0.55)	0.77 (0.04)	3,4	2.9 (0.12)	0.8 (0.04)	1,2	2.72 (0.27)	0.77 (0.04)	6,1	Réf. éloignée = 2,81 (0.16) ZETE= 3,02 (0.17)	Réf. éloignée= 0,78 (0.03) ZETE= 0,74 (0.05)	Réf. éloignée= 1,1 ZETE= 1,9
PP1137	Kruger Wayagamack inc. (Trois-Rivières)												
PP1183 PP1179	Désencrage C.M.D. Inc., Cascades Lupel Inc. (Cap-de-la-Madeleine)	2.44 (0.58)	0.61 (0.12)	15,8	2.8 (0.64)	0.61 (0.12)	41,6	2.46 (0.53)	0.73 (0.08)	34,6			
PP1187	J. Ford Ltée (Portneuf)	2.69 (0.21)	0.77 (0.03)	7,6	2.75 (0.26)	0.84 (0.06) +	9,9	2.42 (0.4)	0.65 (0.09)	2,5	2.63 (0.32)	0.7 (0.06)	0,8
PP1191	Tembec, Groupe papiers, Usine St-Raymond (St-Léonard-de-Portneuf)	4.23 (0.16)	0.79 (0.02)	5	3.93 (0.24)	0.77 (0.03)	7,4	4.16 (0.32)	0.78 (0.06)	3,6			
PP1193	Spexel Inc. (Beauharnois)	3.95 (0.13)	0.76 (0.02)	31,1	4.26 (0.29) +	0.79 (0.05)	27,3	4.15 (0.13)	0.79 (0.02)	12,5			
PP1196	Papiers Scott Ltée (Crabtree)	1.97 (0.57)	0.64 (0.17)		2.18 (0.35)	0.65 (0.09)		2.59 (0.19)	0.76 (0.04)		2.2 (0.23)	0.67 (0.06)	
PP1208	Cascades Inc. (Kingsey Falls)	3.48 (0.13)	0.64 (0.03)	2,5	4.2 (0.14) +	0.74 (0.02) +	3,5	4.28 (0.2) +	0.75 (0.02) +	2			

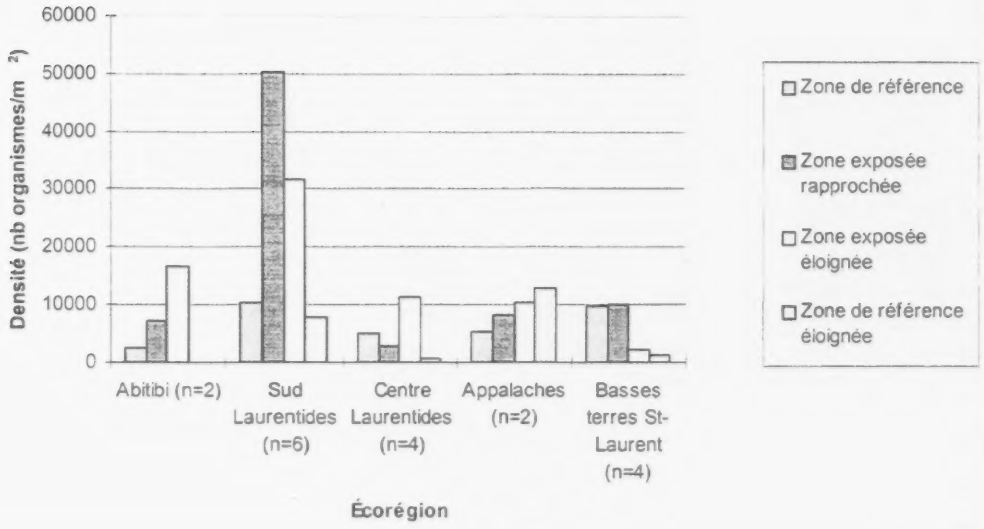
Valeur moins élevée (-) ou plus élevée (+) en zone d'exposition qu'en zone de référence. La différence entre la zone exposée et la zone de référence doit être supérieure ou inférieure à deux fois l'écart-type de la moyenne de la zone de référence pour qu'un signe soit attribué.

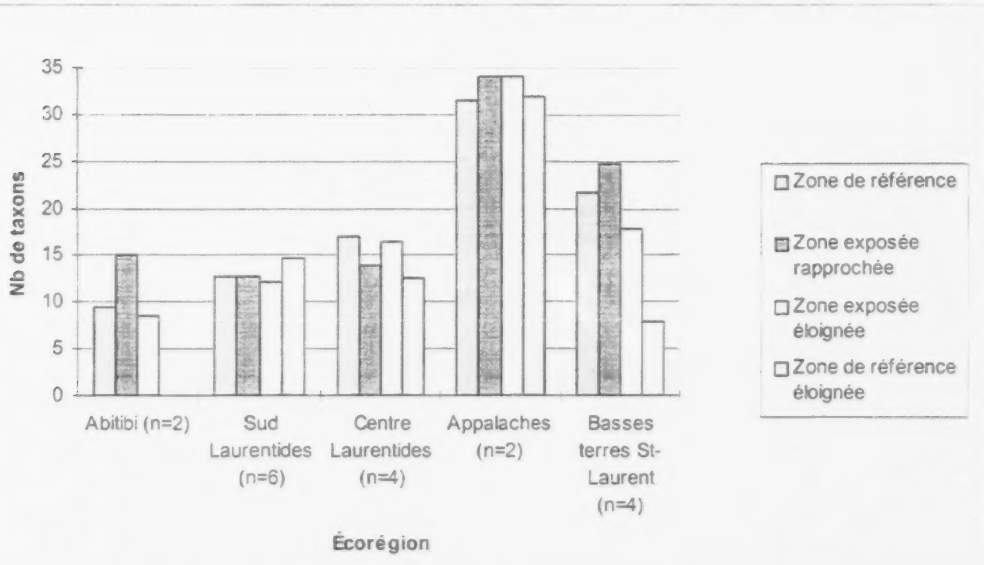
Annexe 11 Valeurs moyennes de diversité et de régularité des communautés benthiques en eau douce et % d'oligochètes dans chaque zone et résumé des différences observées entre les zones de références et d'exposition

No. de projet national	Nom des fabriques (localité)	Zone de référence 1			Zone d'exposition rapprochée			Zone d'exposition éloignée			Zone de référence 2 ou autre zone		
		Diversité (écart-type)	Régularité (écart-type)	% oligochètes	Diversité* (écart-type)	Régularité* (écart-type)	% oligochètes	Diversité (écart-type)	Régularité* (écart-type)	% oligochètes	Diversité* (écart-type)	Régularité* (écart-type)	% oligochètes
Écorégion Plaines de l'Abitibi (96)													
PP1094	Tembec Inc. (Témiscaming)	1.88 (0.66)	0.76 (0.04)	7,8	2.19 (0.41)	0.5 (0.1) -	58,3	2.83 (0.32)	0.63 (0.07) -	70,3	2.52 (2.13)	0.55 (0.07) -	73
PP1147	Norkraft Quévillon Inc. (Lebel-sur-Quévillon)	0.754 (0.46)	0.52 (0.12)	Riv. Quév.= 8,3	2.936 (0.54) +	0.76 (0.17) +	Riv. Quév.= 20,1 Riv. Bell= 90,4	0.7[illegible] (0.26)	0.28 (0.1) -		1.506 (0.36) -	0.46 (0.12)	Riv. Bell= 85
PP1184	Compagnie Abitibi-Consolidated du Canada (Amos)	2.056 (0.5)	0.68 (0.11)	9,9	2.166 (0.6)	0.58 (0.13)	25,3	2.318 (0.09)	0.7 (0.05)	86			

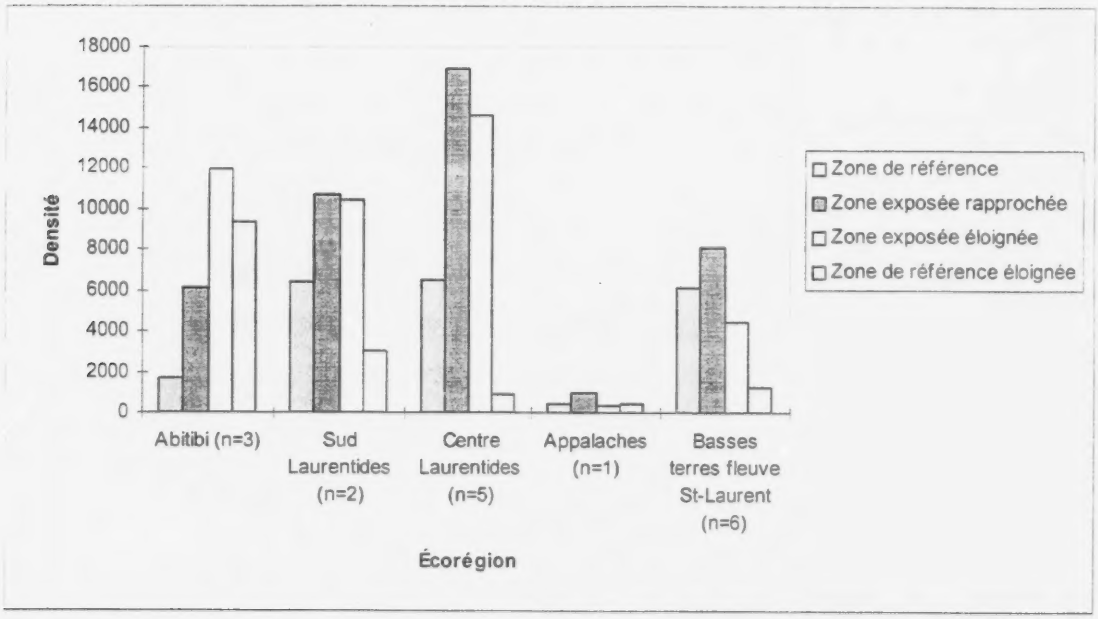
* Valeur moins élevée (-) ou plus élevée (+) en zone d'exposition qu'en zone de référence. La différence entre la zone exposée et la zone de référence doit être supérieure ou inférieure à deux fois l'écart-type de la moyenne de la zone de référence pour qu'un signe soit attribué.

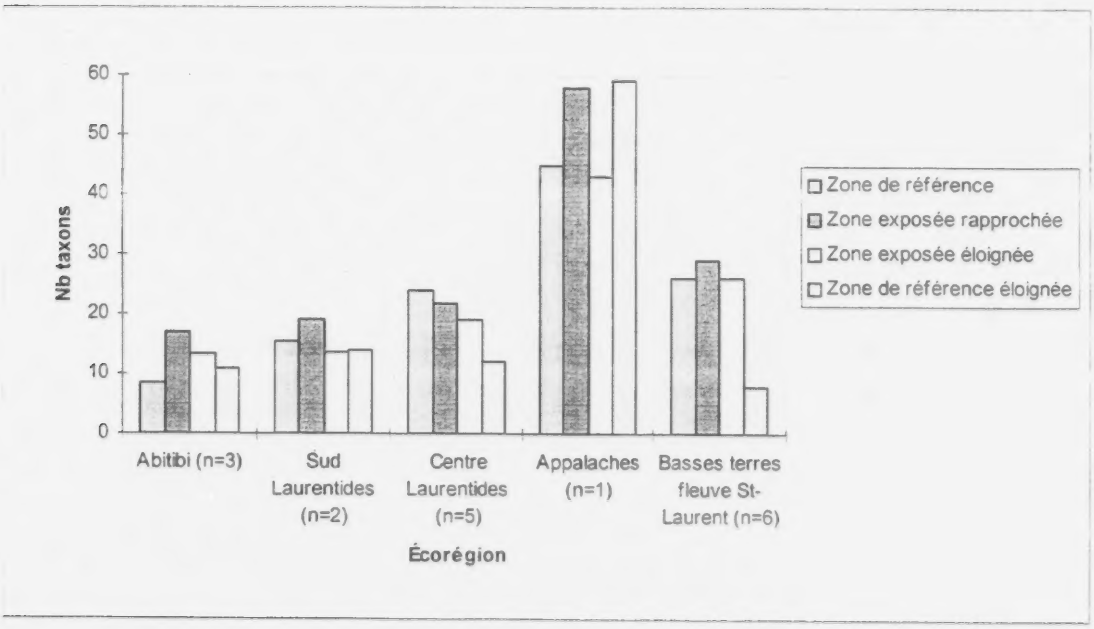
Annexe 12 Variation de la densité et de la richesse taxonomique moyenne du benthos échantillonné en eau douce par benne dans les différentes zones d'étude en fonction des écorégions du Québec





Annexe 13 Variation de la densité et de la richesse taxonomique moyenne du benthos des zones étudiées dans le cas de fabriques en eau douce utilisant un traitement par boues activées, en fonction des écorégions





Annexe 14 Résultats de l'échantillonnage des communautés benthiques en milieu marin et valeurs moyennes des variables mesurées dans les groupes de stations

Nom des fabriques (localité)	Date d'échantillonnage	Engin d'échantillonnage	Nombre de stations dans la zone de mélange à 1 %	Nombre total de stations	Longueur gradient (m)	Groupes formés avec AC	Distance moyenne à l'émissaire (m)	Nombre de stations par groupe	Densité moyenne (écart-type) (nb/m2)	Nombre de taxons moyen (écart-type)	Diversité moyenne (écart-type) (H')	Régularité moyenne (écart-type) (J')	Biomasse moyenne (écart-type) (g/m2)
Emballages Smurfit-Stone Canada inc. Division Chaleurs (New-Richmond)	16 au 22 septembre 1999	Benne Ponar standard	8*	12**	2148	Ref	4226	5	33797.6 (13897.6)	35.4 (9.3)	2.13 (0.7)	0.6 (0.16)	—
						A	1644	6	32608 (9694.5)	38.3 (7.7)	2.05 (0.16)	0.57 (0.02)	—
						B	795	3	19165.3 (9949.7)	28 (7.2)	2.17 (0.14)	0.66 (0.07)	—
						C, D et E	228	3	7413.3 (6201.3)	16 (5.6)	1.9 (0.4)	0.7 (0.07)	—
Compagnie Abitibi-Consolidated du Canada Division Port Alfred (La Baie)	8 et 11 octobre 1999	Benne Ponar standard	12	20	1500	A	948	6	884.5 (603.9)	11.2 (1.9)	0.82 (0.1)	0.8 (0.1)	18.6 (18.1)
						B	649.9	11	3479 (4438.1)	11.2 (3.9)	0.69 (0.1)	0.68 (0.1)	45.3 (44.1)
						C	196	1	260 (nd)	5 (nd)	0.6 (nd)	0.86 (nd)	3 (nd)
						D	1065	2	327 (108.9)	8 (0)	0.74 (0.1)	0.82 (0.1)	2.5 (2.3)
Compagnie Abitibi-Consolidated du Canada (Baie-Comeau)	1er septembre 1999	Benne Ponar standard	11	15	825	1	265.7	7	3910.7 (1288.5)	23.1 (3.4)	0.85 (0.1)	0.69 (0.05)	5514.3 (1886.3)
						2	477.8	6	11514.4 (4008.5)	24.7 (5.4)	0.74 (0.15)	0.58 (0.09)	14108.3 (7279.0)
						3	757	2	4879.8 (428.9)	21.0 (0)	0.83 (0.01)	0.69 (0.01)	7550.0 (70.7)

* 2 gradients X 4 stations dans la zone à 1 % = 8 stations

** 2 gradients X 6 stations = 12 stations

Annexe 14 Résultats de l'échantillonnage des communautés benthiques en milieu marin et valeurs moyennes des variables mesurées dans les groupes de stations

Nom des fabriques (localité)	Date d'échantillonnage	Engin d'échantillonnage	Nombre de stations dans la zone de mélange à 1 %	Nombre total de stations	Longueur gradient (m)	Groupes formés avec AC	Distance moyenne à l'émissaire (m)	Nombre de stations par groupe	Densité moyenne (écart-type) (nb/m2)	Nombre de taxons moyen (écart-type)	Diversité moyenne (écart-type) (H')	Régularité moyenne (écart-type) (J')	Biomasse moyenne (écart-type) (g/m2)
Spruce Falls inc. (Matane)	28 et 29 septembre 2001	Benne Ponar standard	transect 1:5 transect 2 :5	17*	transect 1:1240	A	410	3	10820.3 (7768.8)	15.3 (1.5)	2.00 (0.17)	0.51 (0.06)	1135.3 (1622.9)
					transect 2:1820	B	520	1	4635 (nd)	11 (nd)	2.31 (nd)	0.67 (nd)	209 (nd)
						C	1135	2	24581.5 (9634.3)	30 (4.2)	2.08 (0.01)	0.42 (0.01)	819.5 (367.0)
						D	840	1	3298 (nd)	17 (nd)	2.3 (nd)	0.56 (nd)	483 (nd)
						AA	160	1	19135 (nd)	16 (nd)	1.44 (nd)	0.36 (nd)	86 (nd)
						BB	730	1	2452 (nd)	10 (nd)	1.96 (nd)	0.59 (nd)	27 (nd)
						CC	1283	4	7591.3 (2842.6)	9.8 (1.7)	1.37 (0.14)	0.42 (0.07)	21.5 (4.1)
						DD	560	1	2587 (nd)	12 (nd)	1.59 (nd)	0.44 (nd)	10 (nd)
						EE	1163	3	6500 (2095.8)	9.7 (2.5)	1.68 (0.10)	0.53 (0.08)	36 (nd)
Uniforêt Scierie Pâte Inc. (Port-Cartier)	13, 14 et 29 septembre 2000 1er et 2 octobre 2000	Benne Van Veen	4	20	554	A	77	4	2095.0 (613.7)	29.8 (3.5)	1.01 (0.14)	0.68 (0.09)	16.6 (15.6)
						B	126	6	1745.5 (1054.1)	28.5 (5.7)	1.12 (0.16)	0.78 (0.12)	21.5 (18.4)
						C	99	7	3292.4 (2210.8)	35.0 (5.2)	1.09 (0.17)	0.74 (0.03)	25.3 (22.4)
						D	119	1	2914 (nd)	29 (nd)	0.86 (nd)	0.59 (nd)	49.37 (nd)
						E	30	1	1752 (nd)	26 (nd)	0.76 (nd)	0.54 (nd)	7.72 (nd)
						F	320	1	819 (nd)	18 (nd)	0.82 (nd)	0.65 (nd)	4.59 (nd)

* transect 1 = 10 stations, transect 2 = 7 stations